



Esta obra está bajo una [Licencia  
Creative Commons Atribución-  
NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en  
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO**

**FACULTAD DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



**Nivel de sustitución de leche de sachu inchi en la elaboración de yogurt**

**Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agroindustrial**

**AUTOR:**

**Bach. Cleyser Torres Cubas**

**ASESOR:**

**Ing. Dr. Abner Felix Obregón Lujerio**

**Tarapoto – Perú**

**2017**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO**

**FACULTAD DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



**Nivel de sustitución de leche de sachá inchi en la elaboración de yogurt**

**Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agroindustrial**

**AUTOR:**

**Bach. Cleyser Torres Cubas**

**Sustentada y aprobada el día 07 de diciembre del 2017, por los siguientes jurados:**

.....  
Ing. M. Sc. Epifanio Efraín Martínez Mena

**Presidente**

.....  
Ing. Nelson García Garay

**Secretario**

.....  
Ing. M. Sc. Enrique Terleira García

**Miembro**

.....  
Ing. Dr. Abner Félix Obregón Lujerio

**Asesor**

## **Declaratoria de Autenticidad**

Cleyser Torres Cubas, identificado con DNI N° 45217054, bachiller de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial, Escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, con la tesis titulada: **Nivel de sustitución de leche de sachá inchi en la elaboración de yogurt**

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
3. La tesis no ha sido auto plagiado; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
26. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presenten en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De considerar que el trabajo cuenta con una falta grave, como el hecho de contar con datos fraudulentos, demostrar indicios y plagio (al no citar la información con sus autores), plagio (al presentar información de otros trabajos como propios), falsificación (al presentar la información e ideas de otras personas de forma falsa), entre otros, asumo las consecuencias y sanciones que de nuestra acción se deriven, sometiéndonos la normatividad vigente de la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto.

Tarapoto, 07 de diciembre del 2018.



.....  
**Bach. Cleyser Torres Cubas**  
DNI N° 45217054





**Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis.**

**1. Datos del autor:**

Apellidos y nombres: <u>TORRES CUBAS CLEYSER</u>	
Código de alumno : <u>082328</u>	Teléfono: <u>921357806</u>
Correo electrónico : <u>Cleyser-19-86@hotmail.com</u> DNI: <u>45277054</u>	

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

**2. Datos Académicos**

Facultad de: <u>INGENIERIA AGRINDUSTRIAL</u>
Escuela Profesional de: <u>INGENIERIA AGRINDUSTRIAL</u>

**3. Tipo de trabajo de investigación**

Tesis	(X)	Trabajo de investigación	( )
Trabajo de suficiencia profesional	( )		

**4. Datos del Trabajo de investigación**

Título: <u>NIVEL DE SUSTITUCION DE LECHE DE SACHA INCHI EN LA ELABORACION DE YOGURT</u>
Año de publicación: <u>2017</u>

**5. Tipo de Acceso al documento**

Acceso público *	(X)	Embargo	( )
Acceso restringido **	( )		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:


**6. Originalidad del archivo digital.**

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

#### 7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".


  
Firma del Autor

#### 8. Para ser llenado en la Oficina de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM - T.

Fecha de recepción del documento:

31 / 12 / 2018



  
Firma del Responsable de Repositorio  
Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso  
Abierto de la UNSM - T.

\* **Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

\*\* **Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

## Dedicatoria

*A mis padres:*

*Jorge y Angélica que siempre  
me inculcaron el estudio y a la  
investigación desde que era un  
niño.*

*A mí adorada esposa María E. que  
fue mi fortaleza, por su apoyo moral  
para persistir y culminar esta etapa  
de mi vida.*

*A mis hermanos, Jorge, Gladis,  
Neycer y Edith por brindarme  
el apoyo incondicional.*

*A Dios por la fuerza y sabiduría que me dio  
cuando más la necesitaba, porque es mi guía,  
me da la perseverancia y decisión para  
conseguir siempre lo que quiero, coloca a las  
personas y circunstancias en el momento más  
adecuado de mi vida, siempre me da señales  
de lo que debo y no hacer.*

**Cleyser**

## Agradecimiento

En primer lugar, agradecer a Dios por darme la vida y la salud para así poder cumplir mis metas trazadas.

A mi Asesor el **Dr. Abner Obregón Lujerio** por sus enseñanzas, ayuda y apoyo durante el desarrollo de mi tesis

Al Ing. **Richard Garay Montes** por su colaboración intelectual y anímica durante la parte experimental.

Al Ing. **Alfredo Ramos** por su apoyo de manera incondicional para la redacción de tesis.

A mis **padres y hermanos** por haberme guiado por el camino del bien y sobre todo por la confianza brindada.

A los miembros del jurado por las sugerencias y recomendaciones en el desarrollo del presente trabajo de investigación.

A todos los profesionales, familiares, compañeros y amigos que de una manera directa o indirecta contribuyeron para la culminación de la presente investigación.

*Cleyser*



## Índice

	Pág.
Dedicatoria	
Agradecimineto	
Indice	
Resumen	
Abstract	
INTRODUCCION .....	1
Objetivos generales.....	2
Objetivos específicos .....	2
CAPITULO I .....	3
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
1.1. Sacha Inchi ( <i>Plukenetia Volubilis Linneo</i> ) .....	3
1.1.1. Zonas productoras de sachu inchi .....	4
1.1.2. Valor Nutricional de la almendra de Sacha Inchi .....	5
1.1.3. Usos del Sacha inchi.....	6
1.1.4. Propiedades Nutricionales del Sacha Inchi.....	7
1.1.5.Calidad de Proteínas .....	9
1.1.6.Usos del Sacha Inchi.....	12
1.2. Yogurt .....	13
1.2.1. Clasificación del Yogur .....	18
1.2.2. Proceso tecnológico del Yogur .....	18
1.2.3. Requisitos físico químicos y microbiológicos del yogurt.....	20
1.2.4. Investigaciones de otras fuentes para la elaboración de yogurt .....	21
1.2.5. Beneficios del Yogur .....	23
1.2.6. Defectos del Yogur .....	25
CAPITULO II.....	27
MATERIALES Y MÉTODOS .....	27
2.1. Lugar de Ejecución.....	27
2.2. Materia prima.....	27
2.3. Equipos, Materiales y Reactivos de laboratorio .....	27

2.4. Metodología experimental .....	28
2.4.1. Obtención de la Leche de Sacha Inchi.....	28
2.4.2. Proceso de elaboración del yogur .....	31
2.4.3. Análisis sensorial de los niveles de sustitución de leche de saha inchi en la elaboración de Yogurt.....	34
2.4.4. Estudio definitivo en la elaboración de Yogurt con leche de Sacha Inchi .....	35
2.5. Métodos de control .....	36
2.5.1. Caracterización de la leche de vaca y leche de Sacha Inchi .....	36
2.5.2. Durante el proceso tecnológico .....	36
2.5.3. Análisis del producto final.....	37
2.5.3.1. Análisis proximal del yogurt .....	37
2.5.3.2. Análisis microbiológico del Yogurt.....	37
2.5.3.3. Análisis sensorial del Yogurt.....	37
CAPITULO III .....	39
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	39
3.1. Caracterización de leche de vaca y leche de sachá inchi .....	39
3.2. Evaluación de los niveles de sustitución de leche de sachá inchi .....	39
3.2.1. Evaluación de las propiedades físico químicas en la mezcla de leche de sachá inchi y leche vaca.....	46
3.2.2. Análisis sensorial del yogur con los niveles de sustitución de leche de sachá inchi ....	50
3.3. Estudio definitivo en la elaboración de yogur con leche de sachá inchi .....	52
3.3.1. Análisis físicoquímico y proximal del yogurt de sachá inchi.....	52
3.3.2. Análisis microbiológico del yogurt .....	56
3.3.3. Análisis sensorial de aceptabilidad del yogur batido con leche de sachá inchi.....	57
CONCLUSIONES.....	59
RECOMENDACIONES.....	60
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	61
ANEXOS .....	68

## Índice de tablas

	Pág.
Tabla 1: Producción de sachá inchi (%) de la región San Martín. ....	4
Tabla 2: Contenido de aceite y proteína (%) de semillas de sachá inchi.....	5
Tabla 3: Valor nutricional por 100g de parte comestible. ....	6
Tabla 4: Componentes de Almendras de Sachá Inchi de diferentes estudios.....	7
Tabla 5: Perfil de ácidos grasos del sachá Inchi de distintos autores .....	8
Tabla 6: Perfil de Aminoácidos de la Proteína de Sachá Inchi comparado con otras Proteínas de Semillas oleaginosas .....	10
Tabla 7: Productos obtenidos a base de Sachá Inchi. ....	13
Tabla 8: Productos a base de fermentación de la leche .....	17
Tabla 9: Aporte nutricional del yogur .....	17
Tabla 10: Componentes físico químicos del yogur .....	21
Tabla 11: Criterios microbiológicos del yogur .....	21
Tabla 12: Principales defectos del yogurt batido.....	26
Tabla 13: Diseño experimental para la obtención de yogurt. con sustitución de leche de sachá inchi .....	34
Tabla 14: Análisis proximal de leche de sachá inchi (1) y Leche de vaca (2) en base de 100g. ....	39
Tabla 15: Acidez titulable (% ácido láctico) del yogur con mezcla de leche de vaca y de sachá inchi .....	41
Tabla 16: PH del yogur de mezcla de leche y leche de sachá inchi .....	45
Tabla 17: Análisis físico químico del nivel de sustitución de leche sachá inchi en la elaboración de yogur .....	48
Tabla 18: Medias de los diferentes niveles de sustitución de leche de sachá inchi en la elaboración de Yogur .....	49
Tabla 19: Prueba de Duncan al 5% de probabilidad del análisis sensorial de los niveles de sustitución de leche de sachá inchi en la obtención del yogur. ....	52
Tabla 20: Análisis físico químico del yogurt de sachá inchi con 0.6%	

pectina, yogurt de sachá inchi sin pectina y yogurt de sachá inchi con 3% de leche en polvo .....	55
Tabla 21: Análisis proximal del yogurt de sachá inchi, yogurt con base en leche y yogurt extendido con garbanzo.....	56
Tabla 22: Análisis microbiológico del yogurt de sachá inchi.....	57

## Índice de figuras

	Pág.
Figura 1: Simbiosis bacteriana del yogurt .....	16
Figura 2: Flujograma para la elaboración de yogurt.....	19
Figura 3: Flujograma para el proceso de obtención de leche de Sacha Inchi. ....	29
Figura 4: Diagrama de flujo para elaborar yogurt con sustitución de leche de sacha inchi. ....	32
Figura 5: Ficha de evaluación sensorial.....	35
Figura 6: Determinación de Sinéresis.....	36
Figura 7: Medición de la viscosidad aparente del yogurt .....	37
Figura 8: Ficha de evaluación sensorial.....	38
Figura 9: Acidez titulable en yogurt al 10% de sustitución de leche de sacha inchi. ....	42
Figura 10: Acidez titulable en yogurt al 20% de sustitución de leche de sacha inchi. ....	42
Figura 11: Acidez titulable en yogurt al 30% de sustitución de leche de sacha inchi. ....	43
Figura 12: Acidez titulable en yogurt al 40% de sustitución de leche de sacha inchi. ....	43
Figura 13: Acidez titulable en yogurt al 50% de sustitución leche de sacha inchi. ....	44
Figura 14: Medias de atributos de color de las 15 muestras de yogurt en sustitución de leche de sacha inchi. ....	50
Figura 15: Medias de atributos de sabor de las 15 muestras de yogurt en sustitución de leche de sacha inchi. ....	51
Figura 16: Medias de atributos de textura de las 15 muestras de yogurt en sustitución de leche de sacha inchi. ....	51
Figura 17: Flujograma definido para el proceso de obtención de Yogurt de sacha inchi. ....	53
Figura 18: Aceptabilidad del yogurt de leche de vaca, yogurt de leche de sacha inchi (3% de leche en polvo) y yogurt de sacha inchi con 0,6% de pectina.....	58



## Resumen

El presente trabajo de investigación busca contribuir en la diversificación del uso de Sacha Inchi, una planta nativa de la Amazonía con alto valor nutricional y como alimento funcional por su aporte ácidos grasos esenciales como la omegas 3 y 6, que ayudan a disminuir el colesterol malo y su beneficio para mantener un sistema cardiovascular saludable. El estudio plantea una investigación de efectos fijos y con dos factores (nivel de sustitución de leche de Sacha Inchi 10%, 20%, 30%, 40%, 50% y cultivo lácteo 1%, 2%, 3% durante la fermentación) para lo cual se evaluaron 15 tratamientos mediante análisis físico químicos: Sólidos totales, proteína, pH, acidez titulable (**A.O.A.C, 1995**), sinéresis por centrifugado a 2500 rpm durante 20 min (**DÍAZ, 2004**) y viscosidad aparente, medidos en un viscosímetro (RVDY- III ULTRA) usando spindle N°04 a 10 rpm y temperatura de 10°C.

La evaluación sensorial determinó que el mejor tratamiento es el nivel de 30% de sustitución de leche de sacha inchi y 3% de cultivo, que mostro 73,37% de sinéresis y con mayor aceptabilidad en cuanto a sabor y textura. Sin embargo los valores de sinéresis (73,37%) y viscosidad (1186,13 mPa.s) no presentaron las características de un yogurt comercial (viscosidad de 2000 mPa.s y sinéresis de 24,3%), por ello se consideró necesario agregar 3% de leche en polvo; obteniendo un yogurt de sacha inchi con 3.82% de proteína, energía 77,6 Kcal/100g, 14.89 % de sólidos totales, 2200,12 mPa.s de viscosidad aparente, 30,41% de sinéresis, 4,37 de Ph y 0,84 % de acidez titulable y una aceptabilidad de consumo de 82,24%.

Palabras clave: Diversificación, leche de sacha inchi, elaboración, yogurt.

## Abstract

The following research seeks to contribute to the diversification of the use of Sacha Inchi, a native plant to the Amazon with high nutritional value, and as a functional food for its contribution essential fatty acids of omegas 3 and 6, which help lower bad cholesterol, and benefit to maintain a healthy cardiovascular system. The study raises an investigation fixed effects and two factors (level of substitution of milk Sacha Inchi 10%, 20%, 30%, 40%, 50% and dairy farming 1%, 2%, 3% during fermentation) to which 15 treatments were evaluated by physical chemical analysis: total solids, protein, pH, titratable acidity (AOAC, 1995), syneresis by centrifugation at 2500 rpm for 20 min (DIAZ, 2004) and apparent viscosity measured in a viscometer (RVDY - III ULTRA) using spindle No. 04 at 10 rpm and 10 °C.

Sensory evaluation determined that the best treatment is the level of 30% substitution of milk sacha inchi and 3% cultivate, who presented 73,3% syneresis also showed greater acceptability in terms taste and texture. However syneresis values (73,37%) and viscosity (mPa.s 1186,13) do not exhibit the characteristics of a commercial yogurt (syneresis viscosity of 2000 mPa.s and 24,3%), so it was considered necessary to add 3 % milk powder; obtaining a sachá inchi yogurt with 3,82% protein, energy 77.6 kcal / 100g, 14.89% total solids, 2200,12 apparent viscosity mPa.s, 30,41% syneresis, pH. 4,37 and 0,84% titratable acidity and acceptability of 82,24% consumption.

Keywords: Diversification, sachá inchi milk, processing, yogurt.



## INTRODUCCIÓN

La leche es un alimento muy valioso en las diferentes etapas de la vida del ser humano por sus incomparables características nutricionales: Contiene proteínas de alto valor biológico, diversas vitaminas y minerales así mismo es una fuente de calcio por excelencia debido a su alta biodisponibilidad. Entre las proteínas de la leche se encuentran la caseína y las proteínas del suero. La caseína, que representa el 80% de las proteínas de la leche, es la que tiene el papel más importante en la elaboración de quesos y yogures. La lactosa (azúcar de la leche), es la que le otorga su dulzor característico y juega un rol importante en la elaboración de productos lácteos acidificados, como por ejemplo la ricota y el yogurt.

El yogurt es un producto lácteo coagulado obtenido por fermentación láctica de las bacterias *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus* sobre la leche con o sin aditivos opcionales (leche en polvo, leche descremada en polvo, suero en polvo, etc.). Los microorganismos deben ser viables y abundantes (FAO, 2007), según la reglamentación de la FDA, debe proveer un mínimo de 10 millones de bacterias vivas de *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus* por gramo de yogurt (SHORTT, 2004). Estas bacterias se consideran benéficas para la salud pues ayudan a aliviar la intolerancia a lactosa (VERA, 2004). El yogurt se ha convertido en una bebida muy requerida en los últimos años, debido a sus beneficios para la salud, pero también es uno de los alimentos propensos a sufrir contaminación y transmitir infecciones a los consumidores, es por eso que las industrias procesadoras de productos lácteos deben comprometerse a realizar un proceso de buenas prácticas de manufactura y sin peligro de contaminación.

Desde el punto de vista de los consumidores, en los últimos años hay una marcada tendencia de la población de consumir el frijol de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* Linneo) que aportan beneficio al organismo; en este caso un alimento funcional que va coadyuvar a la salud de los consumidores, además facilitar la intolerancia a lactosa, y el estímulo del sistema inmunológico, para lo cual en el presente trabajo de investigación se trata de utilizar en parte la leche de sachá inchi como una alternativa tecnológica en la elaboración de yogurt, debido a su aporte nutricional (proteína) y ácidos grasos poliinsaturados como el linoleico y linolénico, de la gama de ácidos grasos esenciales.

En tal sentido el presente trabajo de investigación plantea los siguientes objetivos:

➤ **Objetivo general**

Determinar el nivel de sustitución de leche de sachá inchi en la elaboración de yogurt.

➤ **Objetivos específicos**

- Determinar el porcentaje óptimo de sustitución de leche de sachá inchi y leche en la obtención de yogurt.
- Determinar los parámetros tecnológicos del proceso de obtención del yogurt.
- Evaluar la calidad físico químico, sensorial y microbiológico del yogurt elaborado.

# CAPÍTULO I

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 1.1. Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* Linneo)

Es una planta que se adapta a suelos arcillosos y ácidos, se desarrolla mejor en climas cálidos y presenta características muy favorables para la reforestación (**GUERRERO, 2006**). La siembra del Sacha Inchi con tutores vivos en las laderas de los cerros, protege a los suelos de la erosión indiscriminada, siendo un factor importante a considerar en la estrategia de desarrollo de la Región San Martín. **DRASAM (2013)**, describe como una planta trepadora, voluble, semi-leñosa, de altura indeterminada, de hojas alternas, membranáceas, de color verde oscuro, ovaladas y pinnatinervias, de 09-16 cm de largo y 06-10 cm. de ancho, las flores presentan inflorescencias axilares y hermafrodita, el fruto es una cápsula de 3,5 a 4,5 cm. de diámetro, generalmente con 04 lóbulos alados (tetralobados) dentro de los cuales se encuentran 4 semillas; el peso de la cápsula seca varía de 5,0 a 7,5 g según los ecotipos, excepcionalmente presentan cápsulas con 5 a 7 lóbulos, posee una semilla de forma lenticular, oblongas, reticulado-venosas, de 1,3-2,0 X 1,3-1,6 X 1,5-2,0 cm 0,75-0,9 cm. de diámetro, de color marrón oscuro con manchas de color marrón claro o marrón oscuro que varían según los ecotipos. El peso de la semilla varía de 0,6 a 1,1 g.

**MANCO (2006)**, menciona la siguiente clasificación taxonómica:

Orden	Euphorbiaceales
Familia	Euphorbiaceae
Sub Familia	Plukenetiaea
Género	Plukenetia
Tribu	Plukenetieae
Sub Tribu	Plukenetiinae
Especie	<i>Plukenetia volubilis</i>
Nombre Científico	<i>Plukenetia volubilis</i> Linneo
Nombre común	Sacha maní, Sacha Inchi, maní del monte, maní del inca.



### 1.1.1. Zonas productoras de sachá inchi.

El sachá inchi es un cultivo prometedor para las condiciones de la Amazonía Peruana, principalmente por su alto contenido de ácidos grasos insaturados y proteínas. Constituye una alternativa para la sustitución de cultivos ilícitos o indeseables y permite la reforestación de las zonas depredadas por actividades agrícolas o forestales que han quedado abandonadas (**BRACK, 1999**).

En San Martín, el Sachá Inchi se encuentra en la cuenca del Huallaga (Alto Huallaga-Tocache, Huallaga Central-Picota y Bellavista, en la Provincia de Lamas, en el Valle de Sisa, en Alto Mayo y Bajo Mayo, crece desde los 100 hasta los 2 000 m.s.n.m. (**MANCO, 2008**). En la tabla 01, se presenta la producción regional, siendo Lamas el mayor productor con 77.98% (**DRASAM, 2016**); crece y se comporta muy bien en las diversas temperaturas que caracterizan a la Amazonía Peruana (mín. 12° C y máx. 36° C) la cual influye la reproducción, se ha observado que temperaturas altas son desfavorables y que ocasionan la caída de flores, frutos pequeños, marchitamiento y el cierre de las estomas durante el día. Esto da por resultado una rápida reducción de la fotosíntesis minimizando la elaboración de carbohidratos para el crecimiento y almacenamiento (**MANCO, 2008**).

**Tabla 1**

*Producción de Sachá inchi (%) en la región San Martín.*

Provincia	Producción (%)
Rioja	6,00
Moyobamba	1,02
Lamas	77,98
El Dorado	2,37
San Martín	1,13
Picota	1,24
Bellavista	0
Huallaga	0
M. Caceres	1,13
Tocache	9,09

Fuente: DRASAM (2016).

Los mejores suelos son los de textura media (franco arcillo arenosa, franco arcillosa y franco arenosa), los menos apropiados son los muy arcillosos o muy arenosos, además pH adecuado para un buen desarrollo de las plantas de sachá inchi es de 5,5 a 7,8. Requiere de disponibilidad permanente de agua para tener un crecimiento sostenido. El riego es indispensable en los meses secos porque requiere una humedad relativa del 78% y una temperatura media de 26°C (**DRASAM, 2016**).

#### 1.1.2. Valor nutricional de la almendra de sachá inchi.

La semilla contiene proteínas (hasta 33.30%), aminoácidos (esenciales y no esenciales), ácidos grasos esenciales hasta 85.4% (alfa linoleico  $\Omega 3$  y linoleico  $\Omega 6$ ), Vitamina E (alfa tocoferol), superando a las semillas de otras oleaginosas por su mayor porcentaje de ácidos grasos insaturados, su menor contenido de grasas saturadas (Tabla 2) y además es fuente natural del mejor aceite de consumo doméstico, industrial, cosmético y medicinal (**AGROINDUSTRIAS AMAZÓNICAS, 2004**).

**Tabla 2**

*Contenido de aceite y proteína (%) de semillas de Sachá Inchi*

NUTRIENTE	%
<b>Proteína</b>	33.30
<b>Aceite total</b>	54.00
<b>Palmítico saturado</b>	3.85
<b>Esteárico saturado</b>	2.54
<b>Total saturados</b>	6.00
<b>Oleico Mono insaturado</b>	8.20
<b>Linoleico omega 6</b>	36.80
<b>Linoleico omega 3 +</b>	48.60
<b>Ácidos grasos esenciales +</b>	85.40
<b>Total insaturados +</b>	93.60

Fuente: Agroindustrias Amazónicas, 2004

En la tabla 3, se observa el valor nutricional del sachá inchi por 100 g de la parte comestible (**BRACK, 1999**).

**Tabla 3***Valor Nutricional del Sacha Inchi por cada 100 g de parte comestible*

<b>Componentes</b>	<b>Contenido Promedio</b>
<b>Valor Energético (Calorías)</b>	562,0
<b>Proteína (g)</b>	33,3
<b>Grasa (g)</b>	48,7
<b>Carbohidrato (g)</b>	9,5
<b>Fibra (g)</b>	1,6

Fuente: BRACK (1999)

**1.1.3. Usos del sachá inchi.**

Las semillas de Sacha Inchi se usan para la producción de aceites, tortas y harinas proteicas; productos de alta calidad para la alimentación, industria cosmética y medicina. Debido a sus características el sachá inchi puede ser empleado en la industria:

- **Cosmética**

En la selva norte del Perú, las mujeres Mayoranas, Chayahuitas, Campas, Huitotas Shipibas, Yaguas y Boras mezclan la harina con el aceite de sachá inchi y hacen una crema especial para revitalizar y rejuvenecer la piel (**CIDRAP, 1985**).

- **Alimenticia**

La harina obtenida después del proceso de extracción del aceite de sachá inchi, contiene alta cantidad de proteínas (59%) y grasas (7%) en base seca, y surge como alternativa de la harina de soja, donde se menciona que se han realizado ensayos experimentales de obtención de galletas, panes y otros productos (manjar, quesillo, confitados, tostaditos, y saladitos) (**VALLES, 1993**). Las semillas pueden ser preparados en muchos sabores (dulce, salado, picante), conservando sus propiedades curativas.

- **De suplementos nutricionales**

En la industria de suplementos nutricionales, debido a su alto contenido de Omega 3, el aceite es el suplemento perfecto para ser ingerido por personas que no consumen suficiente pescado o vegetales ricos en omegas. Los nativos Secoyas, Adosas, Amueshas, Cashibos, Dapanahuas y Boras comen los granos tostados de *Plukenetia volúbilis* para

recuperar la fuerza y los usan como un tónico para afrontar el trabajo duro (**CIDRAP, 1985**).

- **Farmacéutica**

Tiene la capacidad para reducir el colesterol y mejorar la textura de la piel, por ello tiene un mercado potencial muy interesante. Los nativos Secoyas, Handosas, Amueshas, Cashibos, Dapanahuas y Boras frotan el aceite en sus cuerpos para aliviar los dolores reumáticos y musculares (**CIDRAP, 1985**).

#### 1.1.4. Propiedades nutricionales del sachá inchi.

El valor nutritivo de los alimentos está determinado por la biodisponibilidad de nutrientes y la dinámica de los procesos de solubilización e hidrólisis en el tracto gastrointestinal, la utilización neta de la proteína de leguminosa, en mono gástricos está en torno al 65 – 70% en animales en crecimiento, mientras que los valores observados con proteínas de origen animal suelen superar el 90%. Esto se debe principalmente a tres causas: El perfil de aminoácidos de la proteína del grano leguminoso, su digestibilidad y la presencia de sustancias no nutritivas (**GATEL y GROSJEAN, 1990**).

Existen trabajos realizados por diversos autores donde se muestran el alto contenido de proteínas y aceite (Tabla 04), en comparación con otras investigaciones más actuales.

**Tabla 4**

*Componentes de la Almendra de Sacha Inchi de diferentes estudios*

COMPONENTES	Hazen	Benavides		Medina
<b>PRINCIPALES</b>	(1980)	y Morales	Vela (1995)	(2007)
		(1994)		
Humedad	4,2	8,5		
Proteínas	33,3	27,4	6,5	7,64
Grasas	48,7	41,7	26,70	33,11
Carbohidratos	9,5	17,7	51,59	43,89
Fibra	1,6	2,6		
Cenizas	2,7	2,1	9,17	2,8

Fuente: HAZEN et al. (1980); BENAVIDES y MORALES (1994); VELA (1995); MEDINA (2007).  
Citado por VALLES (2012).

El porcentaje de proteínas en los distintos estudios son similares, estando en el rango de 27 – 33.3%, las grasas presentan similitud en tres autores salvo el caso 51,59% (VELA, 1995) que probablemente la variación se da por el periodo de recolección, factores ambientales y tipo de extracción (MERINO 2009) menciona que una de las funciones de los ácidos grasos es almacenarse en el tejido graso en forma de triglicéridos, cuando se precisa energía se produce la hidrólisis de los triglicéridos con la consiguiente liberación de ácidos grasos, que se incorporan al metabolismo general, para producir energía y como precursores en otros procesos metabólicos.

Otra función importante de los ácidos grasos se desarrolla en las membranas celulares, que están formadas por una bicapa lipídica cuya estructura principal son los ácidos grasos, formando moléculas de fosfolípidos junto con proteínas, glucolípidos y colesterol. Cuanto mayor sea la proporción en ácidos grasos saturados, mayor rigidez tendrá la membrana para los insaturados se tiene mayor plasticidad de la misma, propiedad que aumenta paralelamente al número de dobles enlaces en las células cerebrales, se presenta los estudios de perfil de ácidos grasos en la tabla 05 de diferentes investigadores, donde se define un alto contenido de grasas insaturadas.

**Tabla 5**

*Perfil de ácidos grasos del sachá Inchi de distintos autores*

Ácidos Grasos	Hazen (1980)	Hamaker (1992)	Watkins (1994)	Lovon (2006)	Sánchez (2008)
Palmítico	4,5	3,6	3,9	3,88	4,64
Esteárico	3,2	2,86	3,3	2,88	3,21
Oleico	9,6	8,54	10,8	9,88	9,85
Linoleico	36,8	32,46	37,3	35,47	41,25
Linoleico	45,2	52,34	43,8	46,70	41,03
<b>Total</b>	91,6	93,34	91,9	92,05	91,13
<b>insaturados</b>					

Fuentes: HAZEN, (1980); HAMAKER, (1992); WATKINS, (1994); LOVON ECHEGARAY, (2006); SANCHEZ, (2000). Citado por VALLES (2012).



### 1.1.5. Calidad de proteínas

**VALLES (2012)** menciona que el análisis de las proteínas es de gran importancia para determinar el valor nutritivo de los alimentos. La calidad de una proteína está definida por la cantidad y proporción de aminoácidos para satisfacer las necesidades nutricionales (**BRESSANI, 1991**).

Si la digestibilidad de una proteína es alta y se conoce el contenido de aminoácidos esenciales de un alimento, se compara con un patrón de referencia, calculando su calidad con respecto a cada aminoácido. El contenido de aminoácidos esenciales de un producto es corregido con respecto al contenido de proteína y luego es comparado con el porcentaje de aminoácidos de la proteína de referencia, otorgándole así puntuación a cada aminoácido. Los aminoácidos esenciales son: metionina, cisteína, lisina, treonina, valina, isoleucina, leucina, fenilalanina, tirosina y triptófano. (**PELLET y YOUNG, 1980**).

**OBREGON (1996)** elaboró una bebida proteica en polvo utilizando las almendras de Sacha Inchi atomizadas presentando 46,7% de proteína, 29,7% de grasa y una digestibilidad aparente de 68%. **CASTRO y PUENTE (2011)**, desarrollaron una bebida instantánea en base a semillas de quinua donde contiene: 36,2 g de proteínas, 8,0 g de grasas totales, **GRANITO (2011)** formuló una bebida funcional a base de *cajanus cajan* fermentado donde encontró que la bebida desarrollada contiene un 17% de proteínas totales, 0,8% de grasas totales y presentó una digestibilidad in vitro de 98,3%.

El valor proteico de las semillas de sachá inchi se determina por su aporte en aminoácidos. La tabla 06, muestra niveles relativamente altos de cisteína, tirosina, treonina y triptófano, comparativamente a otras proteínas de semillas oleaginosas es mayor en triptófano y similar valor en metionina. Los niveles de leucina, fenilalanina, valina y lisina en la semilla del sachá inchi fueron más bajos que los encontrados en la proteína del fréjol de soya aunque igual o mejor que en la proteína del maní, algodón o girasol.

**Tabla 6**

*Perfil de Aminoácidos de la Proteína de Sacha Inchi comparado con otras Proteínas de Semillas oleaginosas.*

AMINOACIDOS	SACHA NCHI	SOYA	MANI	ALGODÓN	GIRASOL
Proteína total %	33	28	23	33	24
<b>ESENCIALES</b>					
Histidina	26	25	24	27	23
Isoleucina	50	45	34	33	43
Leucina	64	78	64	59	64
Lisina	43	64	35	44	36
Metionina	12	13	12	13	19
Cisterna	25	13	13	16	15
Metionina+					
Cisterna	37	26	25	29	34
Fenilalanina	24	49	50	52	45
Tirosina	55	31	39	29	19
Fenilalanina+					
Tirosina	79	80	89	81	64
Treonina	43	39	26	33	37
Triptófano	29	13	10	13	14
Valina	40	48	42	46	51
<b>NO ESENCIALES</b>					
Alamina	36	43	39	41	42
Arginina	55	72	112	112	80
Aspargina	111	117	114	94	93
Glutamina	133	187	183	200	218
Glicina	118	42	56	42	54
Prolina	48	55	44	38	45
Serina	64	51	48	44	43
TEAA**	411	418	349	365	366
TAA***	976	985	945	936	941
TEAA como de TAA	42	42	37	39	39

Fuente: VALLES (2012), \*\*TEAA= Aminoácidos esenciales totales, \*\*\* TAA= Total de aminoácidos.

1. Los valores están indicados en mg/g de proteínas
2. Valores para soya, maní, algodón y girasol (BODWEL Y HOPKINS, 1985).

#### Factores Anti nutricionales:

Entre los factores anti nutricionales se mencionan a las saponinas y taninos, estas sustancias naturales no fibrosas son generadas por el metabolismo secundario de las plantas como mecanismos de defensa al ataque de hongos, por lo general son sintetizados durante el desarrollo de la semilla. Estos factores anti nutricionales son termolábiles, inactivados o destruidos mediante cocción, escaldado, tostado. **(ELIZALDE, 2009).**

Las saponinas se caracterizan por la formación de espuma teniendo propiedades detergentes y surfactantes, determinan en gran parte el sabor amargo de algunas semillas como la soya cruda, quinua sin de saponificar y el sachá Inchi, pueden causar desorganización en las membranas celulares cuando se consumen crudos y en exceso, su sintomatología inicia en el tracto gastrointestinal con náuseas, vómitos, cólicos abdominales y diarreas **(RODRIGUEZ, 2001)**. Otros factores anti nutricionales como lipoxigenasas y p-anisidina son compuestos secundarios de la oxidación de aceites (aldehídos, cetonas, alcoholes y polienos conjugados), compuestos volátiles que imparten sabores y olores desagradables al aceite como en el caso de p- anisidina **(GONZALES et al., 2009)**, en el análisis de estabilidad de lípidos de la mantequilla de Sachá Inchi se determinó un valor de p-anisidina igual a 6,64 mmol/Kg. En las condiciones de 120 °C y 35 minutos de tostado **(LOVON y ECHEGARAY, 2006).**

**(MONDRAGON, 2009)**, en el estudio farmacognóstico y bromatológico de los residuos industriales de la extracción del aceite de Sachá Inchi menciona que, los principales efectos de taninos se deben a la interacción de la proteína con los taninos condensados e hidrolizados, los taninos se adhieren con mayor fuerza a las proteínas con alto contenido de prolina. Los taninos afectan la digestibilidad de las proteínas y disminuye la actividad de las enzimas digestivas, por ello su retención de nitrógeno y aminoácidos esenciales. Se hizo un estudio de cuantificación de taninos en el residuo industrial de la extracción de aceite de sachá Inchi (*Plukenetia volúbilis* L), donde se cuantifico  $1,3 \times 10^{-5}$  % de ácido tánico. El mismo autor, por cuantificación espectrofotométrica encontró 0.423% de saponinas, que se encuentra por encima de

las exigencias del mercado (valor límite 0.05%). Al respecto las saponinas, son inhibidores del consumo (baja palatabilidad).

**(SAWAZAKI, 1987)**, menciona como factores anti nutricionales de la soya, los inhibidores de tripsina y quimo tripsina, factores bocio génicos y hemaglutininas, que son inactivados por tratamiento térmico. La desnaturalización térmica influye en las propiedades físicas de gelificación, texturización o fibrilación de la proteína. El tratamiento térmico excesivo empobrece el valor nutritivo, disminuyendo los valores de aminoácidos sulfurados sensibles al calor y la disponibilidad de la lisina. El tratamiento térmico (98 °C/5 minutos) utilizado para obtención de tofu fue suficiente para eliminar la actividad de los inhibidores de tripsina en 79% del tofu de soya común, 81% en el tofu de soja blanqueada y 82% en tofu de soya libre de lipoxigenasa **(CIABOTTI, 2006)**.

**(OBREGÓN, 1996)** estudió el procesamiento de granos de sachá Inchi con el método de secado por atomización para la obtención de una bebida proteica en polvo, el flujo fue un pelado químico usando 0,3% de NaOH por 3 minutos para separar el tegumento de la almendra y una pre cocción a 100°C por 20 minutos, para inactivar factores anti nutricionales.

#### **1.1.6. Usos del sachá inchi.**

**(VALLES, 2012)**, menciona que el tostado es el método tradicional de preparar el sachá inchi para usos alimenticios, aparentemente remueve el sabor amargo de las semillas crudas. Se han realizado ensayos experimentales de obtención de galletas, panes y otros productos (manjar, quesillo, confitados, tostaditos, y saladitos, etc.).

La cáscara puede ser usada para la fabricación de briquetas, parquets, y el uso artesanal en forma de llaveros y aretes. El Sachá Inchi ha sido consumido por los antiguos pobladores del Perú y utilizado en la elaboración de diversos potajes que son considerados como platos típicos en la población urbana marginal y rural de la selva peruana.

**(ENCOMENDEROS, 1992)**. Reporta que algunas poblaciones andino rurales y selváticas (Mayorunas, Chayahuitas, Campas, Huitotas, Shipibas, Yaguas y Boras) usan

el Sacha Inchi como un producto medicinal, que revitaliza y rejuvenece la piel, en los diferentes alimentos preparados a base de Sacha Inchi se muestra en la tabla 07.

El Sacha inchi tiene diferentes presentaciones y usos por su alto contenido de proteínas, minerales y vitaminas. Las almendras se encuentran en el mercado en forma de confitados y snacks, el aceite en botellas y cápsulas de gel.

**Tabla 7**

*Productos obtenidos a base de Sacha Inchi.*

<b>Producto</b>	<b>Componentes</b>
Inchicapi	Sacha Inchi con maíz, carne de gallina, culantro y ajo hervida
Lechonapi	Sacha Inchi con plátano verde raspado y hervido
Pururuca	Sacha Inchi con plátano maduro y hervidos.
Cutacho	Sacha Inchi tostado, molido con sal y plátano verde molido.
Mantequilla	Sacha Inchi tostado, molido con sal y agua.
Inchi cucho	Sacha Inchi con ají molido y hervidos.
Tamal de sach inchi	Sacha Inchi y maíz molido hervidos.
Upe	Sacha Inchi y maíz tostados, molidos hervidos
Chicha de sacha inchi	Sacha Inchi y maíz molido hervidos
Turron de sacha inchi	Sacha Inchi tostado y chancaca

Fuente: ENCOMENDEROS, (1992).

## **1.2. Yogurt**

El yogurt es un producto lácteo coagulado obtenido por fermentación láctica de las bacterias *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus* sobre la leche con o sin aditivos opcionales (leche en polvo, leche descremada en polvo, suero en polvo, etc.). Los microorganismos deben ser viables y abundantes (FAO, 1977). Según la reglamentación de la FDA, el yogurt debe proveer un mínimo de 10 millones de bacterias vivas (*Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus*) por gramo de yogurt (SHORTT, 2004). Las bacterias en yogurt se consideran benéficas para la salud pues ayudan a aliviar la intolerancia a lactosa (VERA, 2004). Algunas organizaciones

internacionales, como la Fermented Milks and Lactic Acid Bacteria Beverages Association, con sede en Japón, donde el mercado de probióticos está más desarrollado, proponen una concentración mínima de  $10^7$  ufc/ml de producto para que se generen los efectos benéficos a la salud de los consumidores, otras como la *National Yogurt Association* (NYA) exigen un mínimo de  $10^8$  ufc/g en el momento de la producción para poder ser calificado el producto como “Producto con cultivos vivos y activos”. De acuerdo a lo propuesto por (SANDERS Y HUIS IN'TVELD, 1999) es necesaria la ingestión de una dosis mínima diaria de  $10^9$  a  $10^{10}$  para que puedan ser observados los efectos en la salud. El objetivo primordial de la fermentación es la conservación, y el desarrollo de sabor ácido agradable. El ácido láctico en combinación con el pH, son una barrera que previene el crecimiento de microorganismos patógenos y ayudan a conservar la leche contra la descomposición microbiana.

La **Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2395:2011** define al yogur como un producto coagulado obtenido por fermentación láctica de la leche o mezcla de ésta con derivados lácteos, mediante la acción de bacterias lácticas *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *Bulgaricus* y *Streptococcus salvaris* subsp. *Thermophilus*, pudiendo estar acompañadas de otras bacterias características al producto terminado; estas bacterias deben ser viables y activas desde su inicio y durante toda la vida útil del producto.

La producción moderna de yogur implica un proceso bien controlado donde se utilizan ingredientes como leche, leche en polvo, azúcar, frutas, esencias, colorantes, estabilizantes y cultivos específicos de bacterias ácido lácticas. En muchos yogures comerciales se regula el contenido de sólidos de 14 a 15 por ciento con la finalidad de incrementar la viscosidad y reducir la separación de suero. (HARWALKAR Y KALAB, 1986), citados por (TRACHOO, 2002) mencionan que el yogur con un mayor contenido de sólidos totales es menos susceptible a la sinéresis y tiene cadenas de partículas de caseína más cortas. La expulsión de suero desde la red se puede observar en la superficie del yogur, lo cual se considera como un defecto que afecta la percepción de los consumidores (LEE Y LUCEY, 2010). La viscosidad del yogur se ve afectada por la composición, tipo de cultivo iniciador, tratamiento térmico y los estabilizantes usados (TRACHOO, 2002).

Estabilizantes como la pectina o gelatina se añaden a la leche para mejorar o mantener la textura, apariencia, viscosidad/consistencia y prevenir la separación de suero (TAMIME

**Y ROBINSON, 1999**, citados por **LEE Y LUCEY, 2010**). La leche utilizada para la elaboración del yogur se somete a un tratamiento térmico que puede ser de 85°C por 30 minutos o de 90 a 95°C por cinco minutos, también se usan tratamientos de ultra pasteurización (UHT) con la finalidad de destruir microorganismos patógenos que compiten con los cultivos iniciadores (**TRACHOO, 2002; LEE Y LUCEY, 2010**). Con temperaturas superiores a 70°C la mayoría de las proteínas del suero son desnaturalizadas, obteniéndose un incremento en la firmeza del gel y en la viscosidad del yogur; pero cuando se excede en la desnaturalización de las proteínas durante el tratamiento térmico se obtiene un resultado contrario en la firmeza del gel y en la viscosidad (**DANNENBERG Y KESSLER, 1988**, citados por **LEE Y LUCEY, 2010**). El proceso de fermentación por lo general se realiza con las denominadas bacterias iniciadoras del yogur, *S. thermophilus* y *L. bulgaricus* las cuales no sobreviven el paso gástrico ni colonizan el intestino (**SHAH, 2000**). El primer microorganismo (*S. thermophilus*) presenta un crecimiento óptimo a temperaturas de 40 a 45°C; fermenta glucosa, fructosa, lactosa y sacarosa, y produce de 0.7 a 0.8 por ciento de ácido láctico.

El segundo microorganismo (*L. bulgaricus*) tiene un crecimiento óptimo a temperaturas de 40 a 50°C; fermenta glucosa, fructosa, galactosa y lactosa para producir 1.7 por ciento o más de ácido láctico (**TRACHOO, 2002**). *L. bulgaricus* produce más compuestos aromáticos en la leche que *S. thermophilus* (**BONCZAR ET AL., 2002, CITADOS POR AKIN Y GÜLER-AKIN, 2005**).

Los dos microorganismos muestran una relación simbiótica durante el procesamiento de yogur. *S. thermophilus* crece primero y más rápido durante la fermentación utilizando aminoácidos esenciales producidos por *L. bulgaricus* y produciendo ácido láctico lo cual reduce el pH hasta un nivel óptimo que favorece el crecimiento de *L. bulgaricus*. Después de tres horas aproximadamente de fermentación, el número de los dos microorganismos es igual. Con una larga fermentación, la tasa de crecimiento de *S. thermophilus* desciende mientras que *L. bulgaricus* continúa reduciendo el pH por la excesiva producción de ácido láctico (**LOURENS-HATTINGH Y VILJOEN, 2001; TRACHOO, 2002**). Cuando se utilizan cultivos del yogur junto con bacterias probióticas, el crecimiento de *L. bulgaricus*, que es el principal microorganismo responsable de la producción de ácido en el yogur, se inhibe (**DAVE Y SHAH, 1997, CITADOS POR AKIN Y GÜLER-AKIN, 2005**).



La temperatura de incubación del yogur es usualmente de 40 a 45°C hasta alcanzar un pH que está en el rango de 3.7 a 4.7 para lograr una buena calidad del yogur (SHAH, 2000; LOURENS-HATTINGH Y VILJOEN, 2001; LEE Y LUCEY, 2010). El yogur debe tener como mínimo  $10^7$  ufc/g del cultivo iniciador (*L. bulgaricus* y *S. thermophilus*) al final de su vida útil (INEN, 2011b).

En la tabla 08, se observa los tipos de productos fermentados y los microorganismos usados. El cultivo para el yogur debe aportar a la leche las bacterias ácido lácticas que son responsables del proceso de acidificación. La fermentación del yogur se debe al trabajo de dos microorganismos *Streptococcus* y *Lactobacillus*, que se desarrollan en simbiosis (Figura 1). Tanto el *Streptococcus* como el *Lactobacillus* pertenecen al grupo de las bacterias lácticas homofermentativas, es decir solo forman indicios de otras sustancias como diacetilos, acetaldehído, etc. Junto con ácido láctico que representa el 90 al 97% de la lactosa fermentada.

El método de control para la incubación para que esta leche fermentada se llame yogur, debe tener una acidez titulable mayor a 0.6 ácido láctico/100g de muestra y un pH menor de 4.4 (MATEOS, 2005).

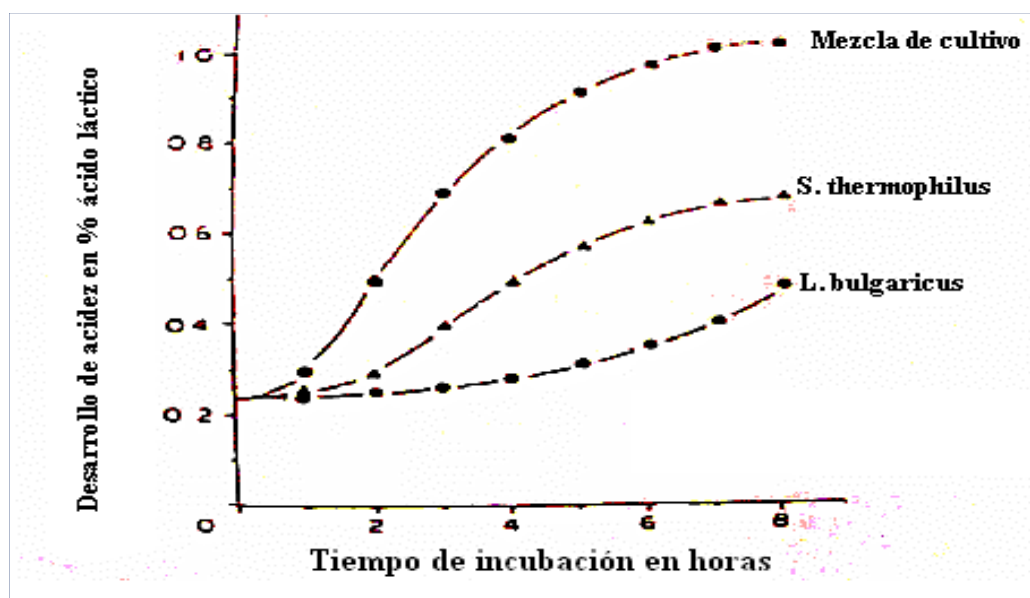


Figura 1: Simbiosis bacteriana del yogur, (MATEOS, 2005).

El yogur, aporta proteínas de alto valor biológico como las de la leche que favorecen la formación, mantenimiento y renovación de los tejidos del cuerpo. Minerales como el

Calcio (entre 25-40 % de requerimientos diarios), Fósforo y Magnesio que facilitan los procesos de mineralización del hueso (Tabla 09).

**Tabla 8**

*Productos a base de fermentación de la leche*

PRODUCTO	MICROORGANISMOS	DESCRIPCIÓN
Leche de vaca	<i>Streptococcus sp.</i> <i>Leuconostoc sp.</i>	Fabricada con leche total o parcialmente descremada y pasteurizada.
Leche de sachá inchi	<i>Lactobacillus bulgaricus</i>	Leche fermentada con alta acidez y poco aroma.
Leche acidófila	<i>Lactobacillus acidophilus</i>	Leche fermentada por <i>L. acidophilus</i> . Esta leche se usa por su valor benéfico al tracto digestivo y mejora al estado de salud.
Yogurt	<i>Streptococcus thermophilus</i> , <i>Lactobacillus bulgaricus</i>	Producto de leche con sólidos concentrados por evaporación o por la adición de sólidos de leche descremada. Producto con consistencia de budín.
Kéfir	<i>Streptococcus lactis</i> , <i>Lactobacillus bulgaricus</i> , Levaduras	Leche fermentada conteniendo ácido láctico y alcohol. Las bacterias lácticas producen ácido láctico, las levaduras producen alcohol.

Fuente: FARNWORTH (2003)

**Tabla 9**

*Aporte nutricional del yogur*

Producto		Kcal	Proteína. ( g)	Grasa ( g)	Na (mg)	Ca (mg)	Fe (mg)	P (mg)
<b>Leche</b>	Entera	60	3.0	3.0	30	110	0.2	80
	Descremada	31	2.9	1.0	-	120	0.1	100
	Condensada	320	8.2	8.2	100	250	0.1	200
	Chocolatada	80	3.3	2.5	50	100	0.2	90
<b>Yogurt</b>	Creoso	110	3.0	6.0	-	130	-	90
	Entero	85	2.8	3.3	60	150	0.1	100
	Descremado	40	4.0	0.1	-	130	-	90

Fuente: FARNWORTH (2003).

### **1.2.1. Clasificación del yogurt.**

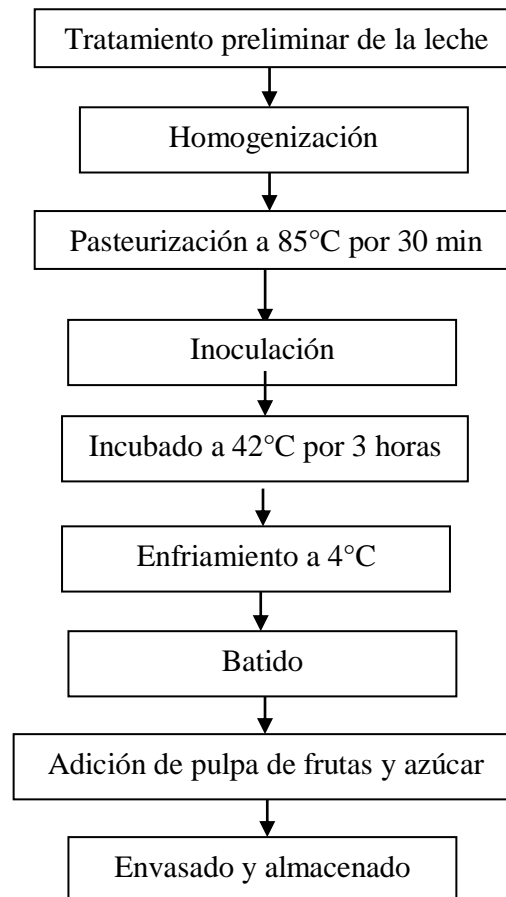
El yogurt, se clasifica: por el método de elaboración, por el sabor y por el contenido graso. El yogurt afluado (cuajado o coagulado), es el producto en que la leche pasteurizada, es envasada inmediatamente después de la inoculación, produciéndose la coagulación en el envase. El yogurt batido, es el producto en el que la inoculación de la leche pasteurizada, se realiza en tanques de incubación produciéndose en ellos la coagulación, luego se bate y posteriormente se envasa. El yogurt natural, es aquel sin adición alguna de saborizantes, azúcares y colorantes, permitiéndose solo la adición de estabilizantes y conservantes. El yogurt frutado, es aquel al que se le ha agregado frutas procesadas en trozos. El yogurt saborizado, es aquel que tiene saborizantes naturales y/o artificiales. En la clasificación por el contenido graso, el yogurt entero tiene un mínimo de 3% de contenido graso, el yogurt parcialmente descremado está dentro del rango de 1,0% al 2,9% de contenido graso y el yogurt descremado tiene un contenido máximo de 1,0% de contenido graso (**NORMA NTE INEN 2395:2009**).

### **1.2.2. Proceso tecnológico del Yogur.**

Hay varios tipos de yogur afluado, batido y líquido. El flujograma general se muestra en la Figura 2; el cual incluye:

#### **1) Tratamiento preliminar de la leche :**

Se debe considerar la calidad inicial de la leche. Lo más importante es considerar un bajo contenido microbiano. La leche para la producción de yogurt debe ser de la más alta calidad bacteriológica. No debe contener antibióticos o agentes desinfectantes. Es común normalizar el contenido de grasa según se trate de un yogurt entero, semidescremado o descremado. Se debe incrementar los sólidos a 14-15% de sólidos totales, que puede realizarse por evaporación, adición de leche concentrada o adicionándole leche en polvo en la proporción de 1-5%, se puede considerar 3% como promedio de leche descremada.



**Figura 2:** Flujograma para la elaboración de yogurt. (Fuente: Mateos 2005)

## 2) Homogenización.

Se efectúa a 60°C y a una presión de 150gr/cm<sup>2</sup>, que se consigue una reducción del tamaño de los glóbulos grasos y se impide el desnatado o sedimentación de la grasa, que se ve después de la coagulación. La estabilidad y consistencia del yogurt se ven mejoradas por la homogenización de la leche.

## 3) Pasteurización.

Se efectúa a 85°C por 30 minutos. La finalidad es de favorecer una buena coagulación, así como el efecto anti germicida para así tener un medio de inoculación libre de contaminantes que pueda tener competencia con las bacterias lácticas.

## 4) Inoculación.

Para la inoculación se procede a llevar la leche a la temperatura de 42°C, que es la temperatura óptima de desarrollo de las bacterias lácticas del cultivo, que en general usan 2 tipos de cepas: *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus.thermophilus*, la proporción

entre cocos y bacilos en los cultivos es de 1:1. Actualmente se emplean los cultivos de inoculación directa a la leche, que tiene muchas ventajas respecto a los convencionales sobre todo en la calidad del producto final.

#### **5) Incubación.**

Se coloca la leche inoculada en una incubadora a 42°C/3 horas.

#### **6) Enfriamiento.**

Cuando se alcanza el pH requerido, la temperatura debe bajarse rápidamente a 18-20°C. Esto retarda la elevación posterior de la acidez. Luego se debe enfriar a una temperatura menor de 4°C.

#### **7) Batido.**

Una vez que el yogurt ha alcanzado la temperatura antes mencionada el gel debe ser sometido a un tratamiento mecánico suave de batido hasta lograr una consistencia homogénea. Se efectúa con un agitador con la finalidad de romper el coágulo formado y obtener la consistencia del yogurt deseado. Se debe agitar despacio para evitar una dilución y **sinéresis**.

#### **8) Adición de la pulpa, azúcar y otros.**

Puede ser 10-15% la fruta (a 40° brix), 8-10% la cantidad de azúcar y se puede usar y/o saborizante de acuerdo a las exigencias del mercado.

#### **9) Envasado y almacenamiento.**

El envasado del yogurt debe efectuarse en condiciones asépticas e inmediatamente debe almacenarse en refrigeración, su tiempo de duración es de 3-4 semanas. Una vez envasados se procede a almacenarlo por un tiempo determinado para detectar sinéresis, que puede ser producto de elevada cantidad de calentamiento, etc. Se almacena a 4°C por 2 a 3 semanas.

### **1.2.3. Requisitos físico químicos y microbiológicos del yogur.**

Según (CODEX STAN 243-2003), como producto lácteo, recomienda componentes físico químicos y microorganismos viables, activos y abundantes (Tabla 10 y 11).

**Tabla 10**

Componentes físico químicos del yogur

Componentes	Yogur
<b>Proteína láctea</b>	2.7%
<b>Grasa láctea</b>	<15%
<b>Acidez (% ácido láctico)</b>	0.8-1.8

Fuente: CODEX STAN 243-2003

**Tabla 11**

Criterios microbiológicos del yogur

Agente microbiano	Categoría	Clase	n	c	Limite por g	
					M	M
Coliformes	5	3	5	2	10	10 <sup>2</sup>
Mohos	2	3	5	2	10	10 <sup>2</sup>
Levaduras	2	3	5	2	10	10 <sup>2</sup>

Fuente: DIGESA (2003).

#### 1.2.4. Investigaciones de otras fuentes para la elaboración de yogur.

**GARCÍA (1986) Y ZAMORA (1979)**, desarrollaron un yogurt con sabor a uva y cepas de *St. thermophilus* y *L. bulgaricus*, con el objeto de mejorar el sabor y la aceptación de éste tipo de productos. **(SCHMIDT, et al., 1980)**, informaron los efectos del tratamiento térmico y del almacenamiento sobre las características físicas y sensoriales, en un yogurt «fortificado» con aislado de soya. **(GARCÍA GMI, 1986)**, desarrolló un producto tipo yogurt, elaborado con soya, con el objeto de mantener las características de sabor, aroma y consistencia similares a las de un yogurt elaborado con base en leche y tuvo un nivel de aceptación del producto del 80% por los consumidores. **(SHIRAI, 1992)**, evaluaron la aceptación de un yogurt con base en una mezcla de soya, harina de avena y suero de leche, adicionada con diferentes cultivos iniciadores y aditivos. **(MORALES DE LEÓN, 2000)** desarrolló un yogurt elaborado con la mezcla 80:20 (leche de vaca y garbanzo), y almidón modificado (ULTRA SPERCE M.) se logró eliminar la sinéresis obteniéndose un yogurt «extendido» con características de sabor y textura similar a la de un yogurt elaborado con base en leche,

el cuál fue aceptado por el 80% de los jueces. **(GARCÍA, 1979)**, desarrolla yogur con 2% de nivel de sustitución de fibra de trigo reportando un incremento de 18.9 a 23.78% de materia seca, proteína de 5.81 a 6.07%, cenizas (0.71-0.91%) y la fibra (0.63-1.56%). Los análisis microbiológicos determinaron la ausencia de microorganismos patógenos, presentando únicamente los gérmenes de la flora natural del yogur.

**(GALVIS, 2009)** elaboró yogur endulzado con estevia, con iguales características fisicoquímicas al endulzado tradicionalmente con sacarosa y reduce en un 11,57% el aporte calórico de este alimento. La edulcoración con estevia-sacarosa, produjo mejor calidad sensorial en cuanto al aroma y sabor del yogurt, no hubo ninguna diferencia que afectara alguna de las características sensoriales estudiadas en cuanto a color, aroma y sabor, acidez y textura. La utilización del extracto de estevia en polvo, representa una alternativa como edulcorante en el yogurt, que ofrece beneficios como la disminución en la ingesta de calorías.

En años recientes algunos tipos de yogur han sido reformulados (Bio-yogur o yogur probiótico) al incluir cultivos vivos de *Lactobacillus acidophilus* y especies de *Bifidobacterium* **(LOURENS-HATTINGH Y VILJOEN, 2001)** los cuales al utilizarse solos alargan el proceso de fermentación por el crecimiento lento que presentan; por lo que es común acompañarlos de los cultivos convencionales del yogur con la finalidad de acelerar el proceso de fermentación por el rápido crecimiento que éstos presentan **(THARMARAJ Y SHAH, 2003)**. La presencia de cualquiera de las especies de *Lactobacillus* en el cultivo iniciador puede influir en el contenido total de acetaldehído, compuesto responsable del aroma del yogur. **(AKIN Y GÜLER-AKIN, 2005)** evaluaron yogur con cultivo iniciador (*S. thermophilus* y *L. bulgaricus*) y bio-yogur con cultivo probiótico (*S. thermophilus*, *L. bulgaricus*, *L. acidophilus*, *Bifidobacterium bifidum* Bb-12 y *L. casei*), éste último a dos temperaturas de incubación (42°C y 37°C). Como resultado se encontró que la menor cantidad de acetaldehído se presentó en el yogur elaborado con el cultivo iniciador seguido por el bio-yogur incubado a 42°C, mientras que el bio-yogur incubado a 37°C presentó el nivel más alto de este compuesto. La diferencia entre las dos muestras del bio-yogur se debió a que en el yogur incubado a 37°C se tuvieron recuentos más altos de *L. acidophilus* y de *B. bifidum*. El contenido de acetaldehído en todos los casos

incrementó durante los primeros siete días de almacenamiento y luego disminuyó, debido a la hidrólisis por enzimas microbianas para formar otras sustancias tales como el etanol.

#### **1.2.5. Beneficios del yogurt.**

Según (VEISSEYRE 2008), el yogurt tiene gran cantidad de beneficios que describiremos las diferentes bondades que presentan el yogurt en nuestro cuerpo. Dos bacterias lácticas hacen el resto: El *Lactobacillus bulgaricus* y el *Streptococcus thermophilus*, que permanecen vivos tras la fermentación y que ofrecen al yogur su acidez y aroma inconfundibles, además de proteger y regular la flora intestinal. Sólo podremos disfrutar de las **beneficiosas propiedades** de estos fermentos si conservamos el yogurt a baja temperatura, entre ellas se tiene:

##### **1) Digestión.**

Es el mejor aliado del aparato digestivo porque protege contra la acidez natural del estómago y previene, controla infecciones, diarrea, estreñimiento.

##### **2) Flora Intestinal.**

Se recomienda ingerir después de un tratamiento con antibióticos, porque va ayudar a recuperar la flora intestinal afectada por estos medicamentos.

Terapéuticamente, el yogurt no tiene rival en la regeneración de la flora intestinal, gracias a que en él viven *Lactobacillus acidophillus*, organismos que se encuentran en el tracto digestivo y que ayudan a mantener el balance adecuado de la flora intestinal benéfica.

##### **3) Reduce los Valores de Colesterol Sanguíneo.**

Existen diferentes estudios que demuestran que el consumo de yogurt, baja los niveles de colesterol en sangre, en consecuencia este alimento debe formar parte de la dieta de aquellas personas que presentan riesgo cardiovascular.

##### **4) Sistema Inmunológico.**

Sus bacterias vivas van a protegernos contra infecciones y enfermedades de la piel.



**5) Energía.**

Proporciona energía porque contiene carbohidratos, proteínas, vitaminas A y B, ácido fólico y minerales como calcio, fosforo, potasio, magnesio, zinc y yodo.

**6) Cáncer.**

Reduce el cáncer de mama y colon y sus microorganismos protegen y retardan la aparición de ciertos tumores.

**7) Gran Fuente de Calcio.**

Este mineral la podemos perder por la dietas diarias que realizamos; y el calcio presente en el yogurt se ha disuelto en el ácido láctico, haciéndose así más absorbible para nuestro sistema digestivo y para su fácil distribución posterior a todo nuestro cuerpo. También es notable destacar que este producto lácteo tiene efecto preventivo ante el cáncer del colon.

**8) Fortalecimiento de Huesos y Dientes.**

La mayor cualidad del yogurt es la gran cantidad de calcio que posee y este a su vez se convertirá en un aliado imprescindible para fortalecer los huesos y los dientes.

**9) Desarrollo de los Niños y en la Osteoporosis**

Esto es especialmente benéfico para los niños, ya que contribuye al desarrollo y fortalecimiento del esqueleto, así como para aquellas personas que padecen osteoporosis (enfermedad en la que el esqueleto se debilita y se vuelve poroso), quienes lograrán mejores resultados si agregan a su dieta alimentos con vitamina D y llevan a cabo una rutina deportiva pero es la que tiene que estar indicada por el médico.

Además el yogurt tiene las siguientes cualidades:

- Reconstituyente de la flora bacteriana.
- Disminuye la acidez gástrica (prevención de acidez, úlceras, etc.).
- Disminuye las reacciones alérgicas frente a las proteínas de la leche.
- Favorece la digestibilidad y absorción de las grasas.

- Disminuye el nivel de colesterol (infarto, arteriosclerosis).
- Aumenta la cantidad de ácido láctico contenido en la leche.
- Disminuye la cantidad de lactosa contenida en la leche.
- Disminuye las intolerancias a la leche debido a la falta de lactosas.
- Aumenta la secreción de saliva, bilis, jugos gástricos y pancreáticos (que, todos mejoran el proceso digestivo).
- Aumenta la velocidad de evacuación gástrica, impidiendo el estancamiento de materiales putrefactos.
- Aumenta la cantidad de fósforo, calcio y hierro retenidos por el organismo respecto a la leche.
- Conserva y hace más estables las vitaminas B1, B2, B6 y B12.
- Aumenta las capacidades antimicrobianas del organismo frente a las bacterias patógenas.
- Disminuye la formación de aminos tóxicos en el intestino.
- Aumenta la longevidad.
- Se usa como eliminadores de las candidiasis (lavado vaginal); entre otras cosas. (AMIOT, 1991).

#### **1.2.6. Defectos del yogurt.**

En la tabla 12 se presenta algunos de los principales defectos del yogurt batido con sus principales causas que lo afectan y su posible solución.

**Tabla 12**

Principales defectos del yogurt batido.

<b>Defecto</b>	<b>Posible Causa</b>	<b>Solución</b>
<b>Baja Viscosidad</b>	Escaso contenido de proteína en la leche	Adicionar proteína de leche
	Agitación muy vigorosa	Optimizar las condiciones del agitador
	Destrucción del coagulo durante la acidificación	Optimizar las condiciones del proceso
<b>Sineresis</b>	Bajo contenido de proteínas / extracto seco	Ajustar la composición
	Bajo contenido en grasa	Incrementar el porcentaje de grasa o acidificar a pH 4,3-4,1
	Incubación a temperatura demasiado alta	Bajar la temperatura a 42° C
	Destrucción del coagulo durante la acidificación	Ajustar las condiciones del proceso
<b>Gel Irregular</b>	Precipitación de sales/desnaturalización de proteínas (albuminas)	Optimizar las condiciones de proceso
	Temperatura de inoculación muy alta	Bajar temperatura
	Porcentaje de inoculación muy bajo	Aumentar porcentaje de inoculación
<b>Aroma</b>	Aroma insuficiente debido a un desequilibrio a favor de los Streptococcus	Ajustar al equilibrio
<b>Sabores Extraños</b>	A malta o a levadura	Posible contaminación por levaduras
	Graso	Contenido en materia grasa demasiado elevado
	Agrio	Contaminación del cultivo por flora salvaje o coliformes

Fuente: SÁNCHEZ. (2009)

## **CAPITULO II**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **2.1. Lugar de ejecución**

El trabajo de investigación se realizó en los Laboratorios de investigación, Control de calidad de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial de la UNSM-T. Ciudad Universitaria, Provincia y Región San Martín-Tarapoto.

#### **2.2. Materia prima.**

Leche de vaca, procedente del distrito de Cunumbuque-Lamas.  
Granos de sachá inchi, para elaborar leche de sachá inchi.  
Cultivo Lácteo (*St. thermophilus* y *L. bulgaricus*) preparado en líquido procedente de la casa MONTANA Santa Anita (Lima).

#### **2.3. Equipos, Materiales y reactivos de laboratorio**

##### **Equipos**

- Brixómetro (Brixómetro PCE, de 0 a 44°Brix)
- Balanza analítica (Marca OHAUS, capacidad 250 g, mínimo 0.01 g.)
- Cronómetro digital (CASIO DQ-961).
- Estufa digital (BINDER, temperatura nominal 300°C, 1.20 KW).
- Refrigerador Samsung (RS21HKLMR, ancho 91cm, alto 171cm y profundidad 71cm)
- Centrifuga (C-28A, velocidad máxima 4000rpm )
- pH-Metro (Modelo Metrohm pH lab 827, rango de medición de 0.1 a 14 pH)
- Viscosímetro (RVDY - III ULTRA, dimensiones 800mm de alto, 500mm ancho y 640mm de largo)
- Baño María (W-270, dimensiones de 710mm de ancho, alto 600mm, largo 700mm)

##### **Materiales**

- Pipetas de 1.00 ml, 5.00 ml y 10.00 ml.
- Matraz Erlenmeyer de 250 ml y 300 ml.
- Vasos de precipitación de 300 ml, 500 ml, 800 ml y 100 ml

- Probetas de 50 ml, 100 ml y 500 ml.
- Soporte Universal.
- Placas Petri de 2.5 cm y 9.0 cm.
- Mortero (Haldenwenger 55-6a).
- Termómetro (Giardino 150°C/-10°C)
- Bureta de 50 ml.
- Gotero de 50 ml.
- Papel aluminio (BUDGET BUY 25 YD \* 12 IN).
- Papel toalla.
- Guantes de Látex.
- Espátula de acero inoxidable (STAINLESS PAKISTAN).
- Fiolas de 100 ml, 500 ml, 1000 ml y 2000 ml.
- Pinzas de metal.
- Dispensador de pipetas (BRAND macro).

#### **Reactivos de laboratorio**

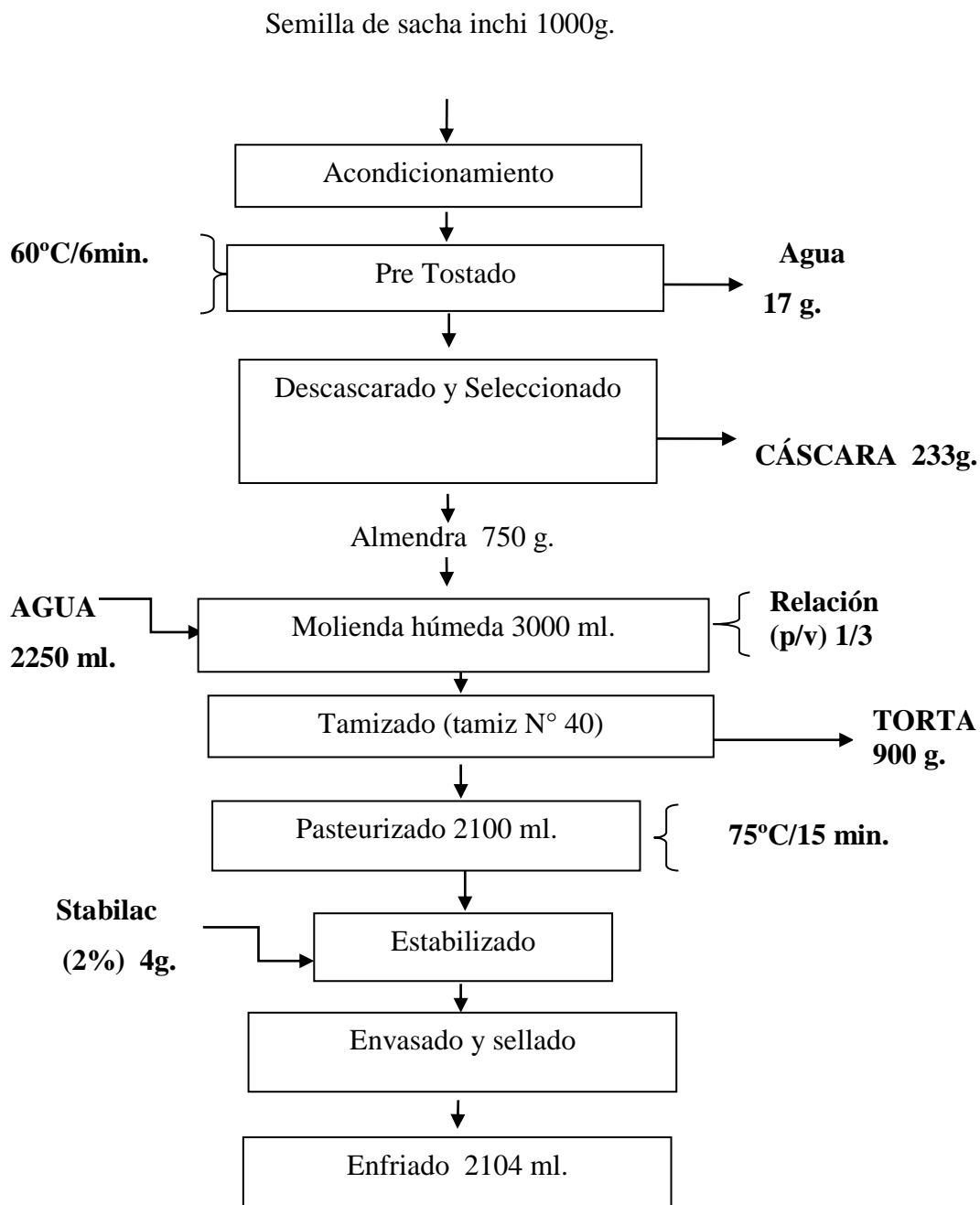
- Solución alcohólica de Fenolftaleína al 1%.
- Solución de NaOH 0.1 N.
- Alcohol etílico 96%.

### **2.4. Metodología experimental**

Para elaborar yogur con sustitución de leche sachá inchi, en primer lugar se preparó la leche de sachá inchi siguiendo las recomendaciones de (OBREGÓN, 1996) y (VALLES, 2012), tal como se muestra en la figura 03 y la leche fresca obtenida en un establo del distrito de Cuñumbuque-Lamas.

#### **2.4.1. Obtención de leche de sachá inchi**

La descripción del proceso de obtención de leche de sachá inchi según (VALLES, 2012) se detalla a continuación:



**Figura 3:** Flujograma para el proceso de obtención de leche de Sacha Inchi. (Fuente: (VALLES, 2012))

#### a. Acondicionamiento de las semillas.

Las semillas compradas de sacha inchi, se seleccionaron separando impurezas, granos defectuosos, lavándolas para eliminar polvo y arena provenientes de la zona de

recolección y venta. Seguidamente se hizo un oreado por 24 horas a temperatura ambiente.

**b. Pre tostado de las semillas.**

Se realizó el pre tostado a la semilla considerando una cantidad de 1000 gramos, en un periodo de tiempo de 6 minutos a una temperatura de 60°C en un perol de aluminio con un agitador manual, para eliminar la actividad ureásica.

**c. Descascarado y seleccionado.**

Se separó la cáscara de la almendra y se seleccionaron las almendras que presentaban daño físico (semillas vanas, hongos y apolillados), este proceso se realizó de forma manual.

**d. Molienda húmeda de la almendra.**

Esta operación se llevó a cabo con la finalidad de desintegrar el grano con la adición de agua formando una suspensión lechosa y homogénea. Para ello se usó una licuadora semi industrial, tomando como base 1 litro, por un tiempo de 15 minutos, las relaciones para las pruebas peso: volumen (p/v) de almendra y agua, fueron 1:3.

**e. Tamizado.**

Se realizó con el propósito de separar el extracto insoluble (torta) del hidrosoluble (leche), utilizando un tamiz N° 40.

**f. Pasteurizado.**

La finalidad fue la inactivación y destrucción de microorganismos presentes en la leche obtenida de sachá inchi a 75°C, por 15 minutos (**CHAVARRIA, 2010**).

**g. Estabilizado.**

El porcentaje óptimo de estabilizante utilizado fue del 2% recomendado por las especificaciones de Stabilac Yogurt 16303.

## **h. Envasado y Sellado.**

Se realizó en caliente y de forma manual, enrasando para que al enfriarse forme un buen vacío. Las botellas se llenaron con aproximadamente 1 litro de leche de sachá Inchi, hasta ser utilizado en la elaboración del yogurt.

### **2.4.2. Proceso de elaboración del yogurt.**

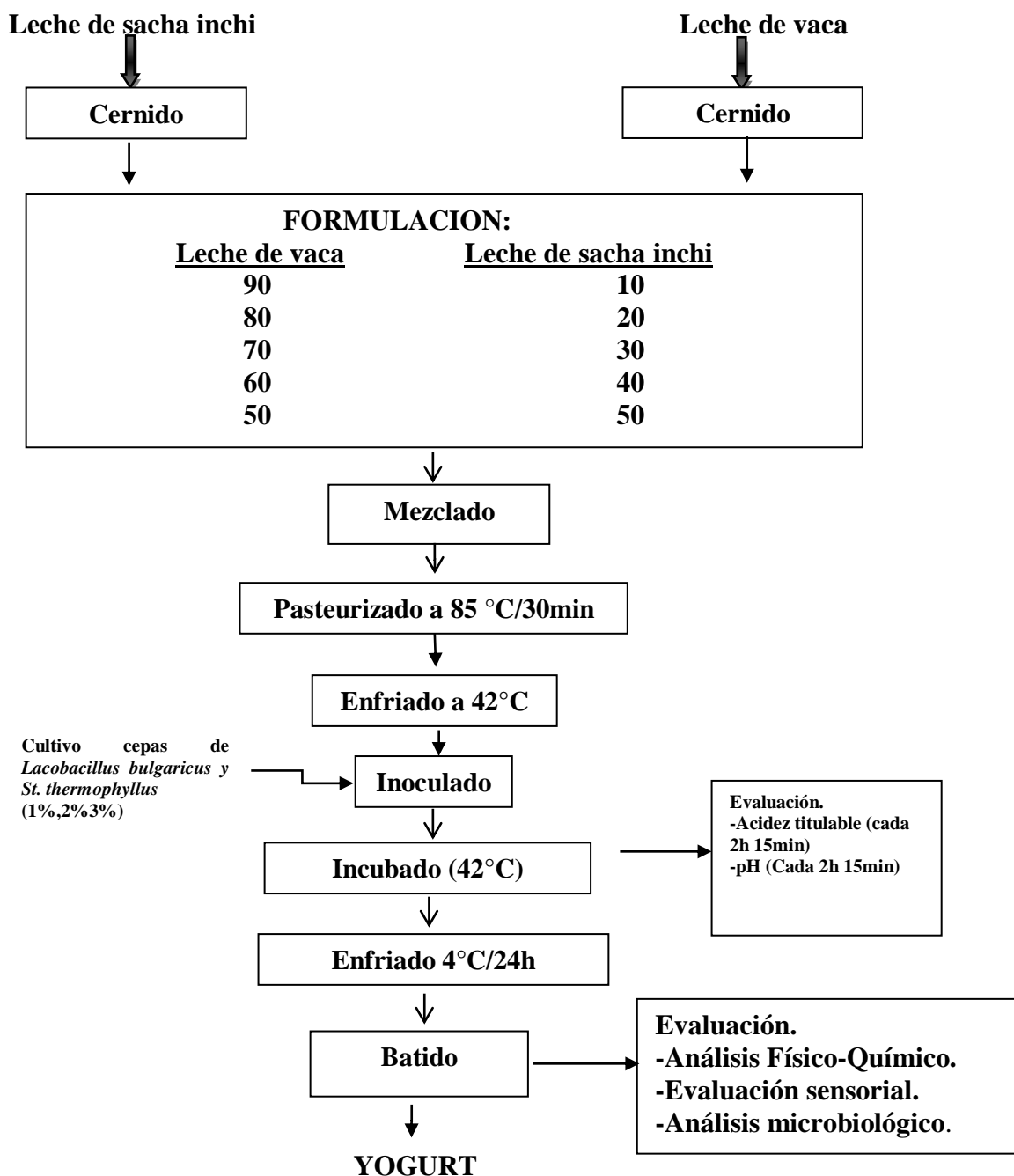
Para elaborar yogurt, la leche utilizada fue entera, ya que la presencia de grasa mejora el aroma (mejor palatabilidad). Luego se procedió a homogenizar los glóbulos grasos.

La formulación para la elaboración de yogurt aplanado con nivel de sustitución de leche de sachá inchi y leche de vaca, se presenta en la Figura.4 y el Cuadro 13. Los yogurt elaborados deben reunir las siguientes especificaciones: un contenido mínimo de proteína de 3.4 g/100g, un mínimo de 12% de sólidos, un pH 4.5, y una acidez de 0.8 a 1.8 g ác.láctico/100 g de muestra.

Se preparó la mezcla de leche y sustitución (10%, 20%, 30%, 40%, 50%) de leche de sachá inchi, luego se incubó a 42°C°, durante la fermentación se determinaron Acidez titulable y pH (AOAC, 1995) cada 2 horas 15min para verificar si el porcentaje de acidez (ácido láctico) se encuentre en el rango de 0.8 gr /100gr de muestra a 1.8gr/100gr de muestra y un pH no mayor a 4.5 según (DIGESA F01-PS-04-2003).

Una vez obtenido el yogurt se realizó los controles físico-Química (Sólidos totales, Viscosidad aparente, Sinéresis, proteína) y los datos ajustados a un diseño de bloque completamente al azar (DBCA) y un ANOVA al 5 % de probabilidad estadística.





**Figura 4:** Diagrama de flujo para elaborar yogur con sustitución de leche de sachá inchi.

Para la fabricación del yogur, se utilizó básicamente leche de vaca. La leche más apropiada es la que posee un contenido elevado de proteínas por razón de su alta densidad. A pesar de ello no es necesario elegir una leche con una proporción elevada de extracto seco para la producción de yogur, pues aquel puede ser aumentado más tarde por medio de otros productos como, leche descremada concentrada, leche en polvo descremada, leche de sachá inchi.

Para que el cultivo del yogurt se desarrolle, hay que tener en cuenta los siguientes criterios:

- ✓ Bajo recuento bacteriano.
- ✓ Libre de antibióticos, desinfectantes, leche mastítica, calostro y leche rancia.
- ✓ Sin contaminación por bacteriófagos.

Pasteurización: Para la preparación del yogurt, la mezcla de la leche (leche entera y leche de sachá inchi) se pasteurizó a 85 °C por un tiempo de 30 min. Para destruir los microorganismos patógenos y la flora que no interese. Luego se enfrió hasta los 42 °C que es la temperatura que normalmente se usa en la incubación.

Incubación: La temperatura y el tiempo de incubación, además de la cantidad de inóculo, no solo influyen en la acidez final sino también en la relación entre bacterias. En el caso del cultivo del yogurt con *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus*, una menor cantidad de inóculo y bajas temperaturas favorecen al *Streptococcus thermophilus* y en el caso inverso al *Lactobacillus bulgaricus*. En el presente trabajo de elaboración de yogurt con sustituto parcial de leche de sachá inchi se prefirió usar un corto tiempo de procesamiento, y para eso se reguló la temperatura de incubación entre 42°C, de 1, 2 a 3% de cultivo y un tiempo de incubación de 3 hrs.

Después se controlaron la acidez y el pH del yogurt cada 2 hs.15 minutos. En un principio el pH (comúnmente de 6,8) es favorable para el *Streptococcus thermophilus* que se desarrolla más rápido produciendo ácido fórmico y dióxido de carbono, bajando así el pH hasta 5 aproximadamente. De este modo se estimula el crecimiento del *Lactobacillus bulgaricus*. Al mismo tiempo, el desarrollo del *Lactobacillus bulgaricus* favorece el crecimiento del *Streptococcus thermophilus* por la producción de nutrientes como ácido láctico, péptidos y aminoácidos como la valina. Esta aparición del ácido láctico es el que provoca el descenso del pH, que a su vez es el responsable de la coagulación de la leche. La coagulación se produce a causa de la estabilidad de las caseínas. Al pH de la leche fresca, las caseínas tienen carga negativa y se repelen. En la acidificación de la leche, los iones hidrógeno del ácido son absorbidos por las caseínas, por lo que la carga negativa va disminuyendo y así también la repulsión entre ellas. La coagulación empieza cuando la repulsión ha disminuido. A un pH de 4,6 las caseínas son eléctricamente neutras y completamente insolubles. Este nivel de pH se conoce como punto isoelectrico de la

caseína. Su efecto en el yogurt es que una vez ocurrida le confiere su consistencia semisólida característica. En los productos lácteos fermentados, la fermentación culmina cuando se alcanza un valor de 4,2 a 4,5 de pH aproximadamente, o cuando se observa un valor de 0,75 a 0,8 de acidez titulable.

Una vez lograda la acidez requerida, se enfrió a 4 o 5 °C para detener la fermentación y evitar que se siga produciendo ácido láctico. Estas cepas o microorganismos y su efecto sinérgico del crecimiento conjunto son los responsables finalmente de la formación de aromas y texturas típicos del yogurt. Entre los componentes responsables del aroma se encuentran el acetaldehído, acetoína, diacetilo.

Fermentación y envasado: La fermentación se hizo directamente en el reactor (envase de fermentación), luego se homogeneizó, se enfrió inmediatamente en una cámara de refrigeración a 5-7°C, temperatura indicada para retardar el desarrollo de las bacterias, luego se envasó en botellas PET de 1 litro de capacidad para ser inmediatamente refrigerados hasta los análisis correspondientes.

**Tabla 13**

*Diseño experimental para la obtención de yogurt. Con sustitución de leche de sachá inchi*

Muestras	Sustitucion (%)		Adicion De Cultivo Lactico %	Controles
	Leche de vaca	Leche sachá inchi		
<b>1</b>	90	10	1, 2 , 3	Solidos totales
<b>2</b>	80	20	1, 2 , 3	Viscosidad
<b>3</b>	70	30	1, 2 , 3	Sinéresis
<b>4</b>	60	40	1, 2 , 3	proteínas
<b>5</b>	50	50	1, 2 , 3	pH

#### **2.4.3. Análisis sensorial de los niveles de sustitución de leche de sachá inchi en la elaboración de yogur (Prueba discriminativa)**

Esta prueba se realizó con jueces semientrenados para saber simultáneamente si existe diferencia entre una o más muestras y estimar la diferencia. Se codificó las

muestras de yogur al 10%, 20%, 30% y 40 % y 50%. Se sirvió al panelista en vasitos de 30 ml, teniendo agua de mesa como medio neutralizante (Según Ficha de evaluación de la Figura 5).

Los resultados fueron ajustados a un diseño de bloque completamente al azar (DBCA), teniendo como bloque los jueces y tratamientos las relaciones leche entera: Leche de sachá inchi con un nivel de significancia de 5% de probabilidad, las variables de respuesta estuvieron dadas por los parámetros de color, sabor y textura, asimismo se realizaron pruebas comparativas de medias de Duncan, para ello se utilizó el paquete estadístico (SAS Systemfor Windows).

**FICHA DE EVALUACION SENSORIAL**

Nombre:.....Fecha:.....

Usted recibirá sustancias de productos lácteos (Yogur). Compare entre si las muestras y califique los atributos (Color, sabor y textura) de acuerdo a la escala:

0	1,2,3	4,5,6	7,8,9	10,11,12
Ninguna	Ligera	Moderado	Mucho	Extremo

Muestra	0110	0240	0370	0420	0505	0617	0733	0825	0985	1114	1230	1345	1020	1960	1530
Atributo															
Color															
Sabor															
Textura															

Observaciones:.....

**MUCHAS GRACIAS**

**Figura 5:** Ficha de evaluación sensorial

#### **2.4.4. Estudio definitivo en la elaboración de yogur con leche de sachá inchi**

Una vez determinado el mejor tratamiento ajustando los parámetros de tiempo de incubación y niveles de sustitución de leche de sachá inchi, se preparó un lote de 4 litros de leche de sachá Inchi, la cual se utilizó para la determinación de análisis proximal, microbiológicos y prueba de aceptación, también se elaboró una muestra agregando pectina 0.6 % y opcional con 3% de leche en polvo para mejorar la textura del yogur a

estas dos muestras se realizó la prueba afectiva mediante la escala hedónica para saber el grado de aceptación y preferencia del producto.

## 2.5. Métodos de control

### 2.5.1. Caracterización de la leche de vaca y leche de sachá inchi

La leche de sachá inchi y leche de vaca, se analizaron la composición química (Humedad, grasa, fibra, proteína, cenizas, etc.), de acuerdo al método oficial (AOAC, 1995).

### 2.5.2. Durante el proceso tecnológico

Se determinaron propiedades físico químicas: Acidez titulable (AOAC, 1995), pH (método electroquímico), Sólidos totales (AOAC, 1995), Sinéresis método (DÍAZ, 2004), proteína método (A.O.A.C, 1995) y Viscosidad (RUIZ Y ARAIZA, 2010)

#### Determinación de Sinéresis (DÍAZ, 2004)

Se pesó 10 g luego se puso a centrifugar a 2500 rpm por un tiempo de 20 minutos.



**Figura 6:** Determinación de Sinéresis

#### Fórmula para encontrar sinéresis

$$\text{Sinéresis} = \frac{\text{Peso del sobrenadante}}{\text{Peso de la muestra}} * 100$$

#### Determinación de Viscosidad (Ruiz y Araiza, 2010)

Se midió 100 ml de muestra, luego se colocó en un vaso de precipitación y se realizó el análisis, mediante el viscosímetro rotacional (figura 6) usando spindle N°04 a 10 rpm a una temperatura de 10°C.



*Figura 7:* Medición de la viscosidad aparente del yogurt

### **2.5.3. Análisis del producto final (Yogurt).**

#### **2.5.3.1. Análisis proximal del yogurt**

Consistió en la determinación de Humedad, (NTP 202.118, 1998); Proteína, (AOAC, 920.152. 2005); Grasa, (AOAC, 920.177B. 2005); Cenizas (AOAC 940.26A, 2005); Carbohidratos por diferencia de los otros componentes.

#### **2.5.3.2. Análisis microbiológico del yogur**

Para ver la inocuidad del producto se determinaron:

Recuento de coliformes totales. (Mossel, 1998)

Recuento de mohos y levaduras. (Mossel, 1998)

#### **2.5.3.3. Análisis sensorial del yogur**

Para este análisis se utilizó la prueba afectiva, donde la muestra obtenida se comparó a nivel de consumidores (Yogur normal, yogur con sustitución de sachá inchi, yogur con sustitución de sachá inchi y pectina), las muestras se codificaron utilizando números aleatorios de cuatro dígitos y se sirvieron 20 ml. aproximadamente, en vasitos de vidrio y frutado con piña.

El equipo sensorial conformado por 18 panelistas semientrenados evaluó sensorialmente yogur con sustitución de Sachá Inchi, yogur con sustitución de sachá inchi con pectina y

yogur normal a través del método afectivo, usando una escala hedónica de 9 puntos (9: me gusta muchísimo; 1: me disgusta muchísimo). Los resultados se tabularon y ajustaron a un diseño de bloque completamente al azar (DBCA), teniendo como bloque los jueces y tratamientos los diferentes tipos de yogur, con un nivel de significancia de 5%, la variable de respuesta estuvo dada por el grado de aceptación de los atributos del yogurt y la prueba de Tuckey al 5 % de probabilidad, para ello se utilizó el paquete estadístico (SAS Systemfor Windows).

NOMBRE \_\_\_\_\_ FECHA \_\_\_\_\_

NOMBRE DEL PRODUCTO: \_\_\_\_\_

Frente a usted hay tres muestras codificadas de yogur, las cuales deben probar una a la vez y marque con una X su juicio sobre cada muestra.

ESCALA	MUESTRA		
	2001	1375	3145
Me gusta muchísimo			
Me gusta mucho			
Me gusta moderadamente			
Me gusta un poco			
Me es indiferente			
Me disgusta un poco			
Me disgusta moderadamente			
Me disgusta mucho			
Me disgusta muchísimo			

COMENTARIOS .....  
 .....  
 .....

**Figura 8:** Ficha de evaluación sensorial.

### CAPITULO III

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Caracterización de leche de vaca y leche de sachá inchi.

En la tabla 14 se presenta el análisis proximal de la leche de vaca y de la leche de sachá inchi, donde para el caso de leche de sachá inchi, el análisis muestra proteína de 4.1 % y grasa 3.6 %; diferente al reportado por VALLES (2012), donde el contenido de proteína y grasa que encontró en la leche de sachá inchi fue de 3.3% y 7.13 respectivamente; probablemente esta diferencia se debe a la eficiencia de molienda húmeda, donde el colado se homogeniza y se prensa para extraer la proteína; comparando con la leche de vaca que tiene 3.7% de proteína, su diferencia está en la disponibilidad y digestibilidad de sus proteínas.

**Tabla 14**

*Análisis proximal de leche de sachá inchi (1) y Leche de vaca (2) en base a 100 g.*

Componente	Leche de sachá inchi(1)	Leche de vaca(2)
Humedad (%)	87.6	87.91
Aceite & grasas (%)	3.60	3.19
Fibra (%)	0.5	0.00
Proteína (%)	4.10	3.7
Cenizas (%)	2.12	0.7
Carbohidrato (%)	2.08	4.5
Energía Kcal/100 g	79.60	61.0

**Fuente:** (1) Instituto de cultivos tropicales., 2014. (2) Dutra De Oliveira et al., 1982.

#### 3.2. Evaluación del nivel de sustitución de leche de sachá inchi.

En la tabla 15, se presenta la acidez titulable del nivel de sustitución de leche sachá inchi en la elaboración de yogur y se observan tiempos de incubación de 9 a 15 horas para alcanzar la acidez (% ac. láctico) mínimo de 0,80 porciento, donde se evidencia mayor velocidad de fermentación cuando el nivel de sustitución de leche de



sacha inchi es al 10%, la variación de la velocidad de fermentación está relacionada con el contenido de lactosa en la mezcla que aporta la leche. Al respecto **CASTAÑEDA, (2008)**, en la elaboración de yogurt con sustitución de leche de tarwi reporta 0.4 % de acidez titulable en una mezcla de 70 % de leche de vaca y 30 % de leche de tarwi en 8 horas de incubación. **ARENAS, (2012)**, en análisis de yogurt con adición de quinua, observó que la acidez titulable aumentaba al añadir mayor porcentaje de quinua. **GONZALES (2006)**, menciona que la presencia de inhibidores afecta el aumento de la acidez titulable; pudiendo considerar que la leche de sacha inchi probablemente contenga inhibidores.

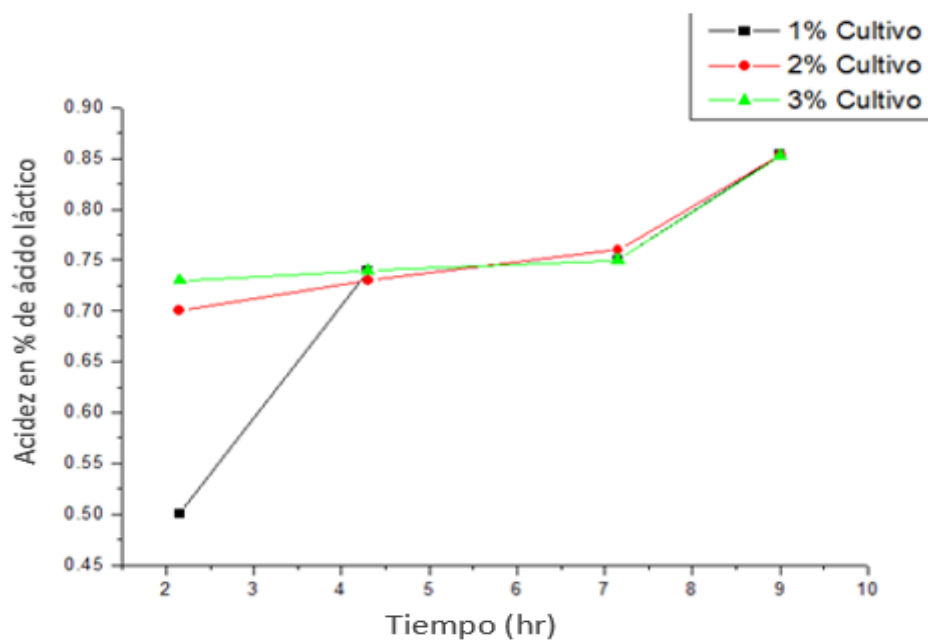
En la figura 9,10,11,12 y 13 se observa la variación de la acidez titulable del yogur al 10%, 20%, 30%, 40% y 50% de sustitución leche de sacha inchi, con 1 %, 2% y 3% de cultivo, donde los valores de la acidez titulable aumentan al aumentar el tiempo de incubación, después de 2 horas y 15 minutos de incubación, el menor porcentaje de acidez titulable lo presentan las muestras con 1% de cultivo, independiente del porcentaje de sustitución de leche de sacha inchi. En el segundo punto de las gráficas 9, 10 y 11 se observa que las 3 muestras (1 %, 2% y 3% de cultivo) alcanzan valores similares de acidez titulable; pero en las muestras con 40% y 50% de sustitución de leche de sacha inchi (figuras 12 y 13 respectivamente), las muestras con 3% de cultivo presentaron variaciones significativas de ácido láctico.

La acidez deseable (0,8-1,8%) es alcanzada en 9 horas de incubación para las muestras con 10% de sustitución de leche sacha inchi, las muestras con 20 % y 30% de sustitución de leche sacha inchi alcanza estos valores en 11 horas y 15 minutos de incubación; en la figura 12 (40% de sustitución de leche sacha inchi) estos valores se alcanzan en 13 horas y 3 minutos de incubación; finalmente las muestras con 50% de sustitución de leche sacha inchi presentan estos valores en 15 horas y 45 minutos.

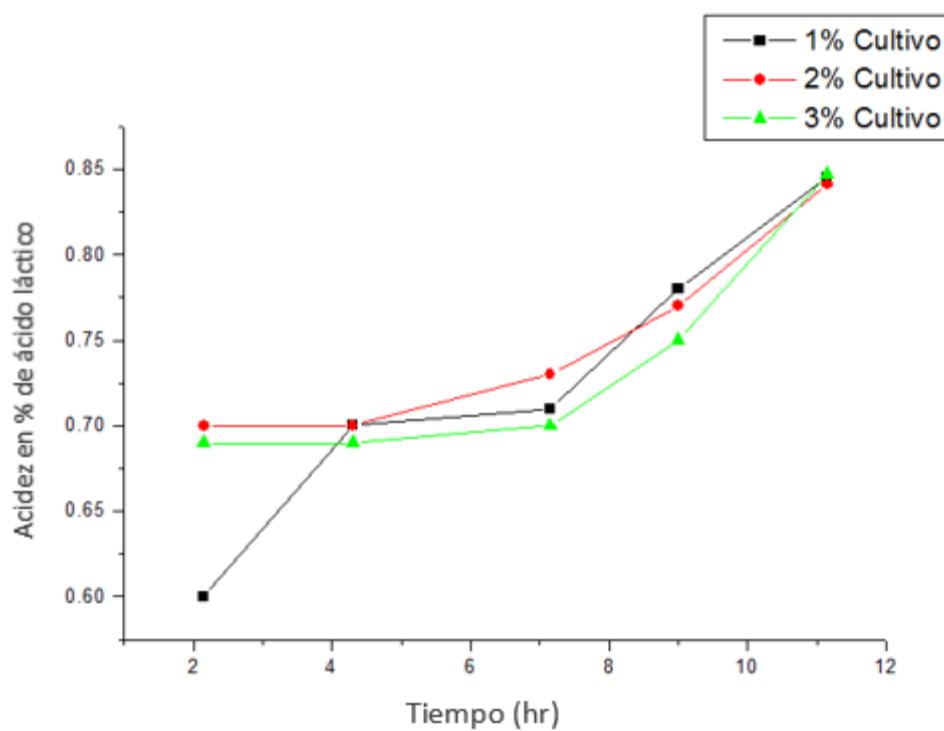
**Tabla 15**

*Acidez titulable (% ácido láctico) del yogur con mezcla de leche de vaca y de sachá inchi*

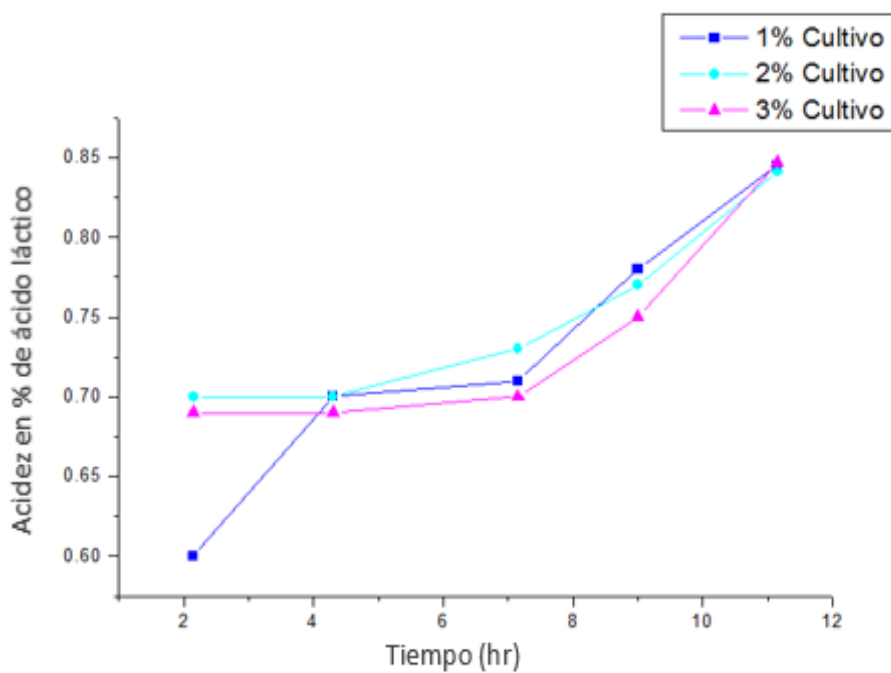
Leche sachá inchi :	Cultivo (%)	Tiempo de incubación							
		0 h	2h y	4 h y	7h y	9h	11h y	13h y	15h y
			15	30	15		15	3 min	45
				min	min		min		min
<b>Leche de vaca</b>									
<b>10:90</b>	<b>1</b>	<b>0.19</b>	<b>0.50</b>	<b>0.74</b>	<b>0.75</b>	<b>0.854</b>	-	-	-
	<b>2</b>	<b>0.19</b>	<b>0.70</b>	<b>0.73</b>	<b>0.76</b>	<b>0.85</b>	-	-	-
	<b>3</b>	<b>0.18</b>	<b>0.73</b>	<b>0.74</b>	<b>0.75</b>	<b>0.85</b>	-	-	-
<b>20:80</b>	<b>1</b>	<b>0.17</b>	<b>0.60</b>	<b>0.70</b>	<b>0.71</b>	<b>0.78</b>	<b>0.845</b>	-	-
	<b>2</b>	<b>0.17</b>	<b>0.70</b>	<b>0.70</b>	<b>0.73</b>	<b>0.77</b>	<b>0.841</b>		-
	<b>3</b>	<b>0.18</b>	<b>0.69</b>	<b>0.69</b>	<b>0.70</b>	<b>0.75</b>	<b>0.847</b>	-	-
<b>30:70</b>	<b>1</b>	<b>0.17</b>	<b>0.59</b>	<b>0.69</b>	<b>0.72</b>	<b>0.74</b>	<b>0.835</b>	-	-
	<b>2</b>	<b>0.16</b>	<b>0.50</b>	<b>0.67</b>	<b>0.69</b>	<b>0.71</b>	<b>0.837</b>	-	-
	<b>3</b>	<b>0.16</b>	<b>0.30</b>	<b>0.60</b>	<b>0.68</b>	<b>0.72</b>	<b>0.835</b>	-	-
<b>40:60</b>	<b>1</b>	<b>0.17</b>	<b>0.55</b>	<b>0.71</b>	<b>0.72</b>	<b>0.75</b>	<b>0.78</b>	<b>0.828</b>	-
	<b>2</b>	<b>0.15</b>	<b>0.57</b>	<b>0.70</b>	<b>0.74</b>	<b>0.78</b>	<b>0.79</b>	<b>0.825</b>	-
	<b>3</b>	<b>0.15</b>	<b>0.59</b>	<b>0.65</b>	<b>0.69</b>	<b>0.73</b>	<b>0.76</b>	<b>0.828</b>	-
<b>50:50</b>	<b>1</b>	<b>0.14</b>	<b>0.50</b>	<b>0.65</b>	<b>0.66</b>	<b>0.71</b>	<b>0.74</b>	<b>0.78</b>	<b>0.811</b>
	<b>2</b>	<b>0.14</b>	<b>0.59</b>	<b>0.65</b>	<b>0.68</b>	<b>0.72</b>	<b>0.75</b>	<b>0.77</b>	<b>0.812</b>
	<b>3</b>	<b>0.15</b>	<b>0.58</b>	<b>0.62</b>	<b>0.65</b>	<b>0.72</b>	<b>0.76</b>	<b>0.79</b>	<b>0.810</b>



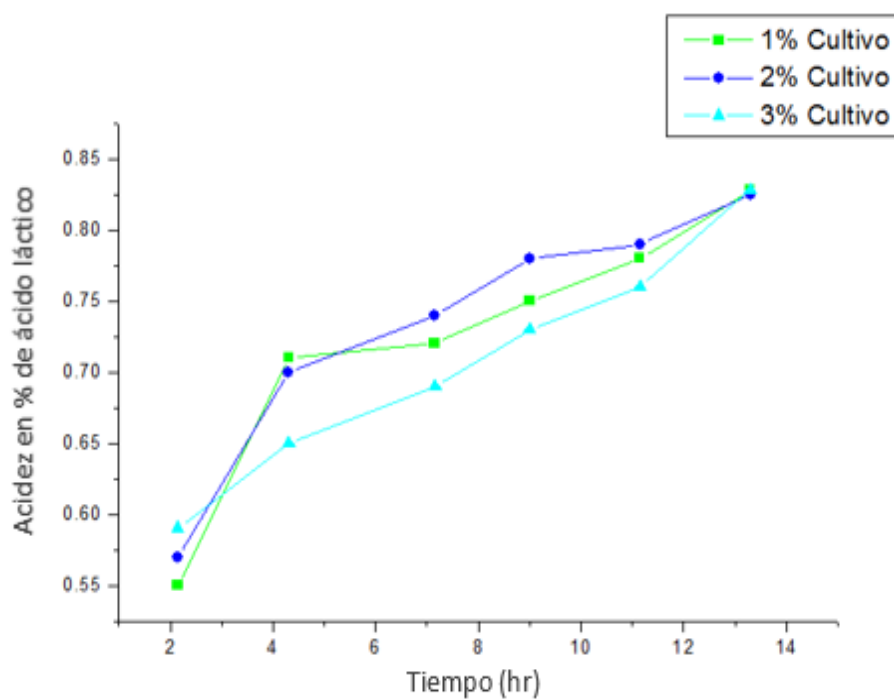
**Figura 9:** Acidez titulable en yogur al 10% de sustitución de leche de sachá inchi.



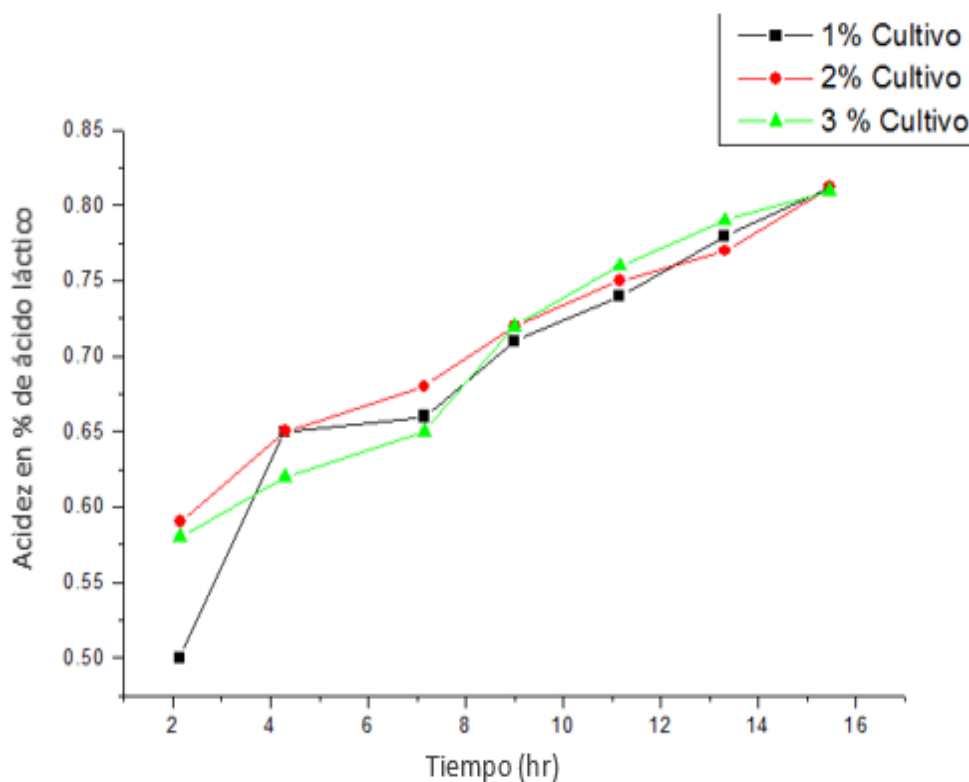
**Figura 10:** Acidez titulable en yogur al 20% de sustitución de leche de sachá inchi.



**Figura 11:** Acidez titulable en yogur al 30% de sustitución de leche de sachá inchi.



**Figura 12:** Acidez titulable en yogur al 40% de sustitución de leche de sachá inchi.



**Figura 13:** Acidez titulable en yogur al 50% de sustitución leche de sachá inchi.

Respecto a los valores de pH del nivel de sustitución de leche de sachá inchi (Tabla 16) no muestran mucha variación y cumplen con lo establecido por la **NOM-185 SSA1-2002**, que fija valor máximo de pH de 4.4.

**YILDIZ (2010)** menciona que al término de la fermentación la acidez del yogur debe estar entre 1.2 y 1.4% de ácido láctico y el pH entre 4.5 y 4.7; por su PARTE **LOURENS-HATTINGH Y VILJOEN (2001)** mencionan que el pH de los yogures comerciales está en el rango de 4.3 a 3.7, observándose en los tipos de yogur elaborados valores de pH cercanos al rango citado a partir de las 9 horas.

**Tabla 16***PH del yogur de mezcla de leche y leche de sachá inchi.*

		Tiempo de incubación							
Leche sachá inchi :	% cultivo	0h	2h:15	4h:30	7h:15	9h	11h:15	13h:30	15h:45
Leche de vaca									
10:90	1	6.12	5.62	5.32	4.91	4.33	-	-	
	2	6.11	5.63	5.31	4.94	4.32	-	-	
	3	6.12	5.61	5.33	4.92	4.36	-	-	
20:80	1	6.13	5.71	5.61	5.13	4.92	4.36	-	
	2	6.13	5.72	5.62	5.11	4.91	4.34		
	3	6.14	5.72	5.62	5.12	4.92	4.35	-	
30:70	1	6.15	5.76	5.69	5.18	4.96	4.36	-	
	2	6.15	5.77	5.67	5.19	4.97	4.37	-	
	3	6.15	5.79	5.6	5.18	4.91	4.38	-	
40:60	1	6.17	5.81	5.71	5.50	4.99	4.71	4.36	
	2	6.17	5.82	5.72	5.51	4.98	4.72	4.36	
	3	6.16	5.81	5.69	5.52	4.99	4.71	4.36	
50:50	1	6.18	5.91	5.71	5.61	5.12	4.99	4.65	4.37
	2	6.19	5.92	5.72	5.68	5.13	4.98	4.72	4.38
	3	6.16	5.92	5.70	5.65	5.11	4.99	4.71	4.36

El pH que presenta el yogur al término de su elaboración se debe principalmente a la acción de los microorganismos iniciadores *S. thermophilus* y *L. bulgaricus*, los cuales exhiben un crecimiento simbiótico durante la producción de yogur. *S. thermophilus* crece primero utilizando los aminoácidos esenciales producidos por *L. bulgaricus* y en contraparte *S. thermophilus* produce ácido láctico para reducir el pH hasta un nivel óptimo para el crecimiento de *L. bulgaricus*. Al cabo de tres horas de fermentación aproximadamente, el número de los dos microorganismos es igual. Con procesos largos

de fermentación la tasa de crecimiento de *S. thermophilus* desciende mientras que *L. bulgaricus* continúa reduciendo el pH con mayor producción de ácido láctico y por ende disminución del pH (**LOURENS-HATTINGH Y VILJOEN, 2001**).

### **3.2.1. Evaluación de las propiedades físico químicas del yogur de la mezcla leche de sachá inchi y leche de vaca.**

En la tabla 17, se observa las evaluaciones físicas químicas (acidez titulable, sólidos totales, viscosidad aparente, sinéresis, proteína, y pH) del yogur elaborado con diferentes niveles de sustitución de leche de Sachá Inchi. En el caso de la sustitución de leche de sachá inchi que va desde 10%, 20%, 30%, 40% y 50%, la viscosidad aparente disminuye de 1551.01 mPa·s a 780.14 mPa·s; en la proteína ocurre un aumento de 3.73% a 3.89%; en las sinéresis mezclas con igual porcentaje de leche de sachá inchi presenta valores similares, y a mayor porcentaje la sinéresis aumenta y en las demás propiedades (sólidos totales, pH y acidez titulable) presentan variaciones mínimas. (Ver anexo N°01, N°02, y N°05).

(**LUCEY, 2001**), citado por (**WANG, 2010**) menciona que la separación de suero de la leche (sinéresis) se debe al reordenamiento excesivo de las partículas que forman la red del gel y se ve afectada por diversos parámetros reológicos. Así mismo (**HARWALKAR Y KALAB, 1986**), citados por (**TRACHOO, 2002**) mencionan que el yogur al que se le regula la cantidad de sólidos totales (ST) es menos susceptible a la sinéresis y en este caso para el presente trabajo de investigación no se realizó esta estandarización, es decir al yogur elaborado no se le regularon los ST. Lo anterior pudo influir para que el yogur fuera más susceptible a la separación de suero.

Todos los valores de sinéresis encontrados en las muestras de yogur se encuentran sobre 70 por ciento de separación de suero, estos valores se encuentran dentro los reportados por (**WANG, 2010**) en donde se estudió diferentes niveles de inóculo (**L. CASEI**) para evaluar su influencia en la sinéresis, encontrando que a mayor cantidad de inóculo la sinéresis es menor.

En la acidez la Norma de **DIGESA F01-PS-04-2003** el valor mínimo de acidez real o titulable del yogurt debe ser de 0.8 a 1.8 g ác. Láctico/100 g.

Con respecto a los sólidos totales la Norma (**DIGESA F01-PS-04-2003**) establece que el contenido mínimo de sólidos totales en yogurt deberá ser de 12% como mínimo, como se puede ver en la tabla 17 y en el anexo N°02 las 15 muestras cumplen dicha norma, además están por encima del yogurt extendido con garbanzo que tiene 11.6% de sólidos totales (**GARCÍA, 1986 Y ZAMORA, 1979**).

Se observa en la tabla 17 y anexo 03 que la viscosidad aparente es de 1551.02 mPa·s, y disminuye hasta 780.14 mPa·s, las 15 muestras fueron evaluados en un DBCA con ANVA y la prueba de Duncan al 5% de probabilidad estadística, llegando una a la conclusión que los porcentajes de cultivo utilizados no produce cambios significativamente en la viscosidad aparente del yogurt y los niveles de mezcla si producen diferencia significativa.

La viscosidad en el yogurt es afectada por la composición, cultivos iniciadores, tratamiento térmico y los estabilizantes usados (**TRACHOO, 2002**), así mismo, al incrementar los sólidos totales, la viscosidad y firmeza del yogurt aumentan. (**LABROPOULOS, 1981**), citados por (**TRACHOO, 2002**) mencionan que el yogurt elaborado con leche tratada con un proceso UHT (149°C por 3.3 segundos) tiene menor viscosidad que el yogurt elaborado con leche tratada a temperatura entre 63 y 82°C por 30 minutos, debido a la desnaturalización de la proteínas del suero.

Los resultados del análisis estadístico (Tabla 18), en la acidez titulable, el pH y sólidos totales no existe diferencia significativa; en el caso de la viscosidad y proteína las muestras con igual porcentaje de leche de sachá inchi son iguales pero diferentes entre sí; finalmente en la sinéresis se observa que las concentraciones con 10%, 20% y 30% de leche de sachá inchi son estadísticamente iguales pero diferente a las muestras con 40% y 50%. Con respecto a la proteína del yogurt según (**CODEX STAN 243-2003**) debe ser como mínimo 2.7g/100 g de muestra, como podemos ver en la tabla 17 la proteína aumenta desde 3.73% a 3.89% según el porcentaje que se agrega de leche de sachá inchi, el porcentaje de cultivo no produce diferencia significativa en la elaboración de yogurt. Como se puede observar el pH en la tabla 18 y el anexo N°04, los valores de pH del yogurt no fueron significativamente diferentes, todas las muestras cumplen con lo establecido por (**DIGESA F01-PS-04-2003**) que fija un valor máximo de pH de 4.5, similar al yogurt extendido con garbanzo pH de 4.2 (**GARCÍA, 1986 Y ZAMORA, 1979**).



**Tabla 17**

*Análisis físico químico del nivel de sustitución de leche sachá inchi en la elaboración de yogur.*

Tratamiento (mezcla leche de sachá inchi :leche de vaca)	Cultivo de cepas (%)	Acidez titulable (%) ácido láctico)	Sólidos Totales (%)	Viscosidad (mPa·s)	Sinéresis (%)	Proteína (%)	PH
10:90	1	0.854	11.96	1551.01	70.24	3.73	4.33
10:90	2	0.853	11.96	1551.02	70.41	3.73	4.32
10:90	3	0.853	11.96	1551.11	70.62	3.73	4.36
20:80	1	0.845	11.92	1341.10	71.49	3.77	4.36
20:80	2	0.841	11.92	1341.11	71.49	3.77	4.38
20:80	3	0.847	11.92	1341.09	71.45	3.77	4.35
30:70	1	0.835	11.88	1186.13	72.37	3.82	4.36
30:70	2	0.837	11.88	1186.11	72.33	3.82	4.37
30:70	3	0.835	11.88	1186.13	72.63	3.82	4.38
40:60	1	0.828	11.84	973.01	75.62	3.86	4.36
40:60	2	0.825	11.84	973.00	75.57	3.86	4.36
40:60	3	0.828	11.84	973.02	75.80	3.86	4.37
50:50	1	0.811	11.80	780.12	78.42	3.89	4.38
50:50	2	0.812	11.80	780.11	78.74	3.89	4.38
50:50	3	0.810	11.80	780.14	78.91	3.89	4.36

**Tabla 18***Medias de los diferentes niveles de sustitución de leche de sachu inchi en la elaboración de Yogur*

<b>Propiedades físico químicas</b>	<b>Mezcla leche sachu inchi : Leche de vaca</b>														
	10:90			20:80			30:70			40:60			50:50		
<b>Cultivo (%)</b>	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
<b>Código</b>	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15
<b>Acidez titulable</b>	0.854	0.853	0.853	0.845	0.841	0.847	0.835	0.837	0.835	0.828	0.825	0.828	0.811	0.812	0.810
<b>PH</b>	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
<b>Sólidos totales (%)</b>	11.96	11.96	11.96	11.92	11.92	11.92	11.88	11.88	11.88	11.84	11.84	11.84	11.80	11.80	11.80
<b>Viscosidad aparente (mPa.s)</b>	A	A	A	B	B	B	C	C	C	D	D	D	E	E	E
<b>Proteína (%)</b>	3.73	3.73	3.73	3.77	5.77	3.77	3.82	3.82	3.82	3.86	3.86	3.86	3.9	3.9	3.9
<b>Sinéresis (%)</b>	A	A	A	B	B	B	C	C	C	D	D	D	E	E	E
<b>Sinéresis (%)</b>	70.24	70.41	70.62	71.49	71.49	71.45	72.37	72.33	72.63	75.6	75.5	75.80	78.4	78.7	78.9
	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	B	C	C	C

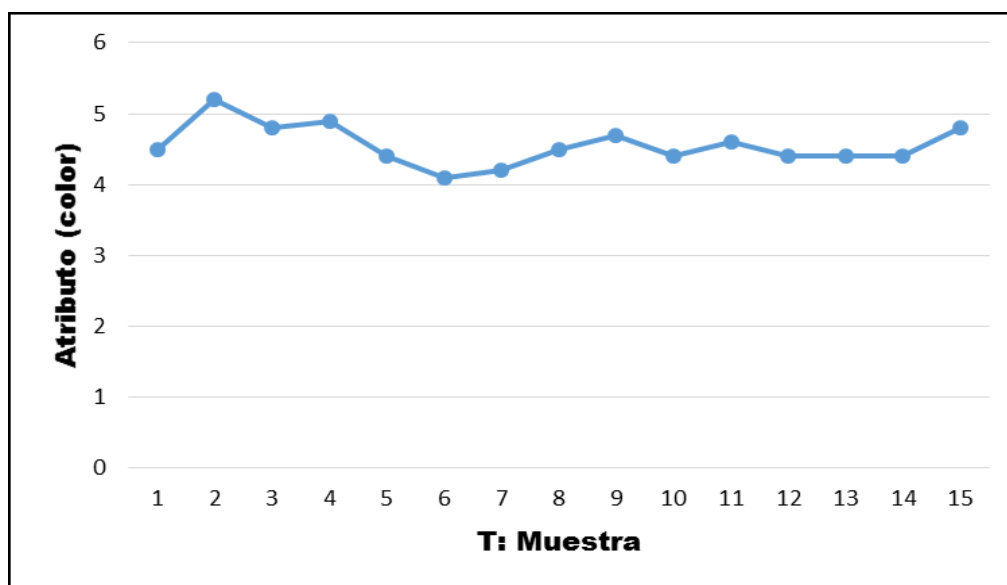
(\*)Letras iguales observadas verticalmente indica que no existe diferencia significativa

### 3.2.2. Análisis sensorial del yogur con los niveles de sustitución de leche de sachá inchi.

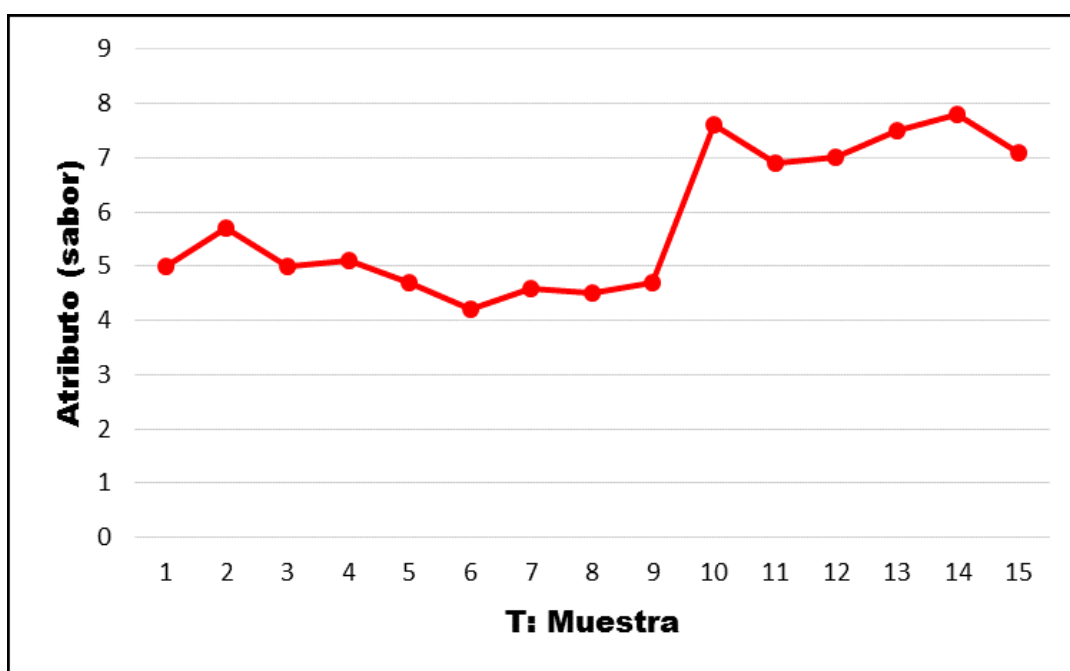
Los resultados del ANVA con un diseño en bloque completamente al azar, y la prueba de DUNCAN al 5 % de probabilidad (ver tabla 19), se muestran en los anexos N°10, N°11, N°12.

Como se aprecia en la figura 14, el color de todas las muestras se encuentran en un color moderado de acuerdo al rango 4 a 6, en cuanto a la textura se observa en la figura 16 que todas las muestras presentan una calificación de una textura moderada de acuerdo al rango antes mencionado.

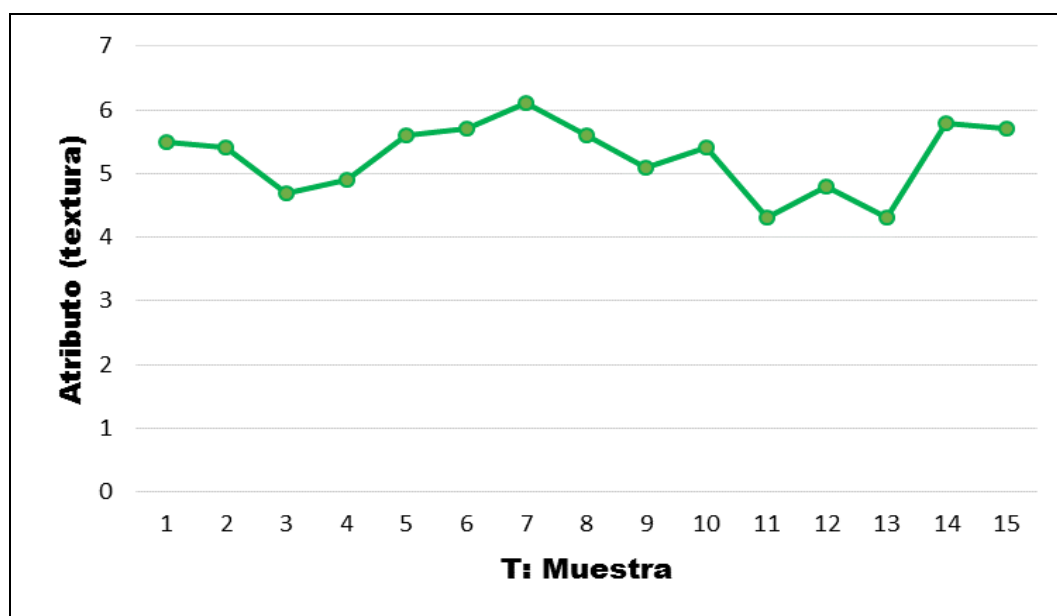
En la figura 15, el sabor siendo esto un atributo principal para determinar la aceptabilidad, se observa que las muestras con menor porcentaje de leche de sachá inchi son las más aceptables y estadísticamente las muestras con 10%, 20% y 30% son iguales; sin embargo matemáticamente las muestras con 30% presenta mayor aceptabilidad, correlacionando con los resultados del análisis fisicoquímico, el mejor tratamiento es el T9 (3% de cultivo) por presentar mayor porcentaje de proteína (3,82%).



**Figura 14:** Medias de atributos de color de las 15 muestras de yogur en sustitución de leche de sachá inchi.



*Figura 15:* Medias de atributos de sabor de las 15 muestras de yogur en sustitución de leche de sachá inchi.



*Figura 16:* Medias de atributos de textura de las 15 muestras de yogur en sustitución de leche de sachá inchi.

**Tabla 19**

*Prueba de Duncan al 5% de probabilidad del análisis sensorial de los niveles de sustitución de leche de sachá inchi en la obtención del yogur.*

Atributo	Mezcla de leche de sachá inchi : Leche de vaca														
	10:90			20:80			30:70			40:60			50:50		
Código	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T	T	T	T	T	T
										10	11	12	13	14	15
Cultivo (%)															
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Color	4.5	5.2	4.8	4.9	4.4	4.1	4.2	4.5	4.7	4.4	4.6	4.4	4.4	4.4	4.8
	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Sabor	5	5.7	5	5.1	4.7	4.2	4.6	4.5	4.7	7.6	6.9	7	7.5	7.8	7.1
	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	B	B	B	B
Textura	5.5	5.4	4.7	4.9	5.6	5.7	6.1	5.6	5.1	5.4	4.3	4.8	4.3	5.8	5.7
	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

(\*)Letras iguales observadas verticalmente indican que no difieren entre sí, los puntajes mejores son atribuidos a la letra “A”.

### 3.3. Estudio definitivo en la elaboración de yogur con leche de sachá inchi

La muestra con mayor aceptabilidad (T9), no presentaba las características de un yogurt comercial, con valores de sinéresis (72,37%) y viscosidad (1186,13 mPa.s), y según (Cárdenas, 2013) El yogurt aplanado tiene una viscosidad de 2000 mPa.s y una sinéresis de 24.3%; para mejorar estas dos características se adicionó 0.6% de pectina normalizado por (CODEX STAN 243-2003); lográndose obtener un yogurt de sachá inchi con una sinéresis de 63.3% y viscosidad aparente 1296 mPa.s, valores aun no aceptables para yogurt comercial, por ello se consideró agregar leche en polvo Marca Gloria.

En la figura 17, se observa el flujograma con los parámetros establecidos para la obtención de yogurt con nivel de sustitución de leche de Sachá Inchi agregando 3% de leche en polvo para mejorar la viscosidad y sinéresis.

#### 3.3.1. Análisis fisicoquímico y proximal del yogurt de sachá inchi

La tabla 20 presenta los resultados del análisis fisicoquímico del yogurt, realizados en los laboratorios de la UNSM-Tarapoto, observando para el yogurt de sachá inchi con

3% de leche en polvo como el mejor yogurt porque tiene menor sinéresis (30.41%) y es más viscoso (2200 mPa.s) que los demás y aumenta el % ácido láctico a 0.84%, además tiene una aproximación al yogur elaborado con base en leche de vaca con 23.4% de sinéresis y viscosidad aparente de 2000 mPa.s (CÁRDENAS, 2013).

Los valores de acidez que presentaron las muestras en este estudio se encuentran cercanos a los rangos de 0.79 a 1.16 por ciento de ácido láctico, establecidos por (GUEIMONDE, 2004) los cuales estudiaron la viabilidad, etiquetado correcto y diversidad de cepas de *Lactobacillus* y *Bifidobacterium* incluidas en una variedad de leches fermentadas comercializadas en España. El incremento de la acidez en el yogur durante su almacenamiento se debe posiblemente a la actividad residual de los microorganismos iniciadores que continúan produciendo ácido láctico (SAINT-EVE, 2008), este fenómeno se conoce como post-acidificación y se ve afectado principalmente por las cepas utilizadas, la temperatura de almacenamiento y el tiempo de almacenamiento (COGGINS, 2010).

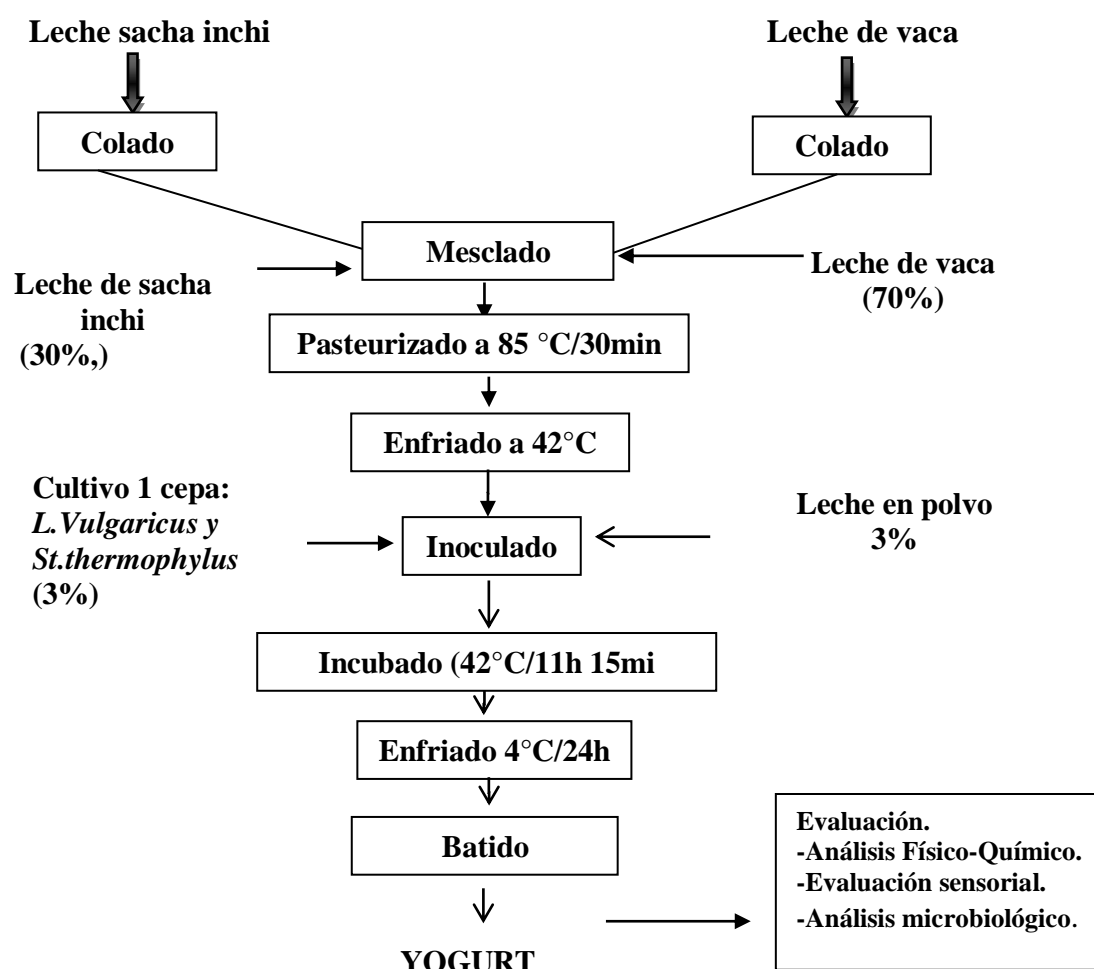


Figura 17: Flujograma detallado para el proceso de obtención de Yogurt de sachá inchi.

### **1. Tratamiento preliminar de la leche :**

Se debe considerar la calidad inicial de la leche. Lo más importante es considerar un bajo contenido microbiano. La leche para la producción de yogurt debe ser de la más alta calidad bacteriológica y sin impurezas.

### **2. Mesclado.**

Consiste en mezclar tanto la leche de sachá inchi y la leche de vaca en un porcentaje de 30% de leche de sachá inchi y 70% de leche vaca, luego homogenizar para que la mezcla este bien uniforme.

### **3. Pasteurización.**

Se efectúa a 85°C por 30 minutos. La finalidad es de favorecer una buena coagulación, así como el efecto anti germicida para así tener un medio de inoculación libre de contaminantes que pueda tener competencia con las bacterias lácticas.

### **4. Enfriado.**

Se procede a llevar la leche a la temperatura de 42°C, que es la temperatura óptima de desarrollo de las bacterias lácticas del cultivo y agregamos 3% de leche en polvo.

### **5. Inoculado.**

Una vez estando la leche a 42°C se procede a agregar 3% de cultivo lácteo. (*L.Vulgaricus* y *St.thermophilus*).

### **6. Incubación.**

Se coloca la leche inoculada en una incubadora a 42°C/11 horas 15min.

### **7. Enfriamiento.**

Enfriar a una temperatura de 4 a 5°C por 24 horas.

### **8. Batido.**

Una vez que el yogurt ha alcanzado la temperatura antes mencionada el gel debe ser sometido a un tratamiento mecánico suave de batido hasta lograr una consistencia homogénea. Se efectúa con un agitador con la finalidad de romper el coágulo formado y

obtener la consistencia del yogurt deseado. Se debe agitar despacio para evitar una dilución y sinéresis.

**Tabla 20**

*Análisis físico químico del yogurt de sachá inchi con 0.6% pectina, yogurt de sachá inchi sin pectina y yogurt de sachá inchi con 3% de leche en polvo.*

<b>Propiedades Físico químicas</b>	<b>Yogur de sachá inchi sin pectina</b>	<b>Yogur de sachá inchi con 0.6% pectina</b>	<b>Yogur con 3% leche en polvo</b>
Sólidos totales (%)	11.88	12.48	14.89
Acidez titulable (% ácido láctico)	0.83	0.83	0.84
Viscosidad aparente( mPa.s)	1186.12	1296.12	2200.12
Sinéresis (%)	73.37	63.33	30.41
Ph	4.37	4.37	4.37

En la tabla 21 y anexo 08 se presenta los resultados del análisis proximal del yogurt de Sacha Inchi, realizados en los laboratorios del (Instituto de cultivos tropicales) y en el anexo 09 se presentan un análisis de proteínas de Yogurt de Sacha Inchi realizado en la facultad de Ingeniería Agrónoma de la Universidad Nacional De San Martín-Tarapoto.

El yogurt de Sacha Inchi tiene un aporte nutricional de 77,6 Kcal, 3.82 % de proteínas, 2.09 % de carbohidratos, 3.58 % de materia grasa y 2.10% de cenizas por cada 100 gramos de producto, en cuanto a sus proteínas se realizó un segundo análisis de proteínas de yogurt de sachá inchi en la Facultad De Agronomía, de la Universidad Nacional De San Martín-Tarapoto, teniendo como resultado 3.78% de proteínas, el cual es un resultado similar, el yogurt de sachá inchi tiene energía (77.6 Kcal/100g) es significativamente mayor al yogurt con garbanzo (61.22 Kcal/100g) y yogurt con base en leche de vaca (64.6 Kcal/100g).

El yogurt de sachá Inchi por su alto contenido de proteína en términos nutricionales aportaría proteína un 3.82% (Tabla 21) que lo ubica como un producto nutracéutico, favoreciendo la promoción de su consumo en la población vulnerable (niños, madres



gestantes y ancianos); también un importante aporte de calorías (77.6Kcal/100g), superando al yogur de leche de vaca (**GARCÍA, 1986**). En la tabla 21 se presenta la composición de yogur de sachá inchi comparado con yogur de leche de vaca y yogur extendido con garbanzo.

**Tabla 21**

*Análisis proximal del yogur de sachá inchi, yogur con base en leche y yogur extendido con garbanzo.*

Determinación	Yogur de sachá inchi <sup>1</sup>	Yogurt con base en leche <sup>2</sup>	Yogurt extendido con garbanzo*
Humedad (%)	87.88	85.10	84.40
Aceite & grasa (%)	3.58	2.90	3.10
Fibra (%)	0.53	0.70	0.60
Cenizas (%)	2.10	0.80	1.10
Proteína (%)	*3.82 **3.78	3.90	8.00
Carbohidratos (%)	2.09	5.90	4.90
Energía (Kcal/100g)	77.60	64.60	61.22

**Fuente:** <sup>1</sup>Elaboración propia; <sup>2</sup>GARCÍA, 1986 Y ZAMORA, 1979.

\* Proteínas según Instituto De Cultivos Tropicales.

\*\*Proteínas según UNSM-T.

### 3.3.2. Análisis Microbiológico del yogur.

Para determinar la calidad sanitaria del producto elaborado, se controló la presencia de Coliformes totales y recuento de mohos y levaduras; obteniendo como resultado la ausencia de todos ellos, lo que permitió determinar que los productos cumplieron con los parámetros sanitarios establecidos en la Norma oficial Según (**DIGESA, 2003**) para Leches Fermentadas.

Por lo general las bacterias ácido lácticas inhiben el crecimiento de otros microorganismos, en especial a los patógenos. Los coliformes no resisten pH bajos y altas concentraciones de ácido láctico (**RAY Y BHUNIA, 2010**), lo cual explicaría su ausencia en los yogures elaborados; y como factor más importante está el hecho de haber trabajado con buenas prácticas de higiene durante el proceso de fabricación.

La tabla 22 muestra los resultados del análisis microbiológico del yogur de Sacha Inchi, realizados en el laboratorio referencial de la region San Martín, que al analizar cumple con las especificaciones de la Norma Oficial Según (DIGESA, 2003) para un yogurt elaborado con base en leche, por lo que resulta apto para su consumo.

**Tabla 22:** Análisis microbiológico del yogur de sachá inchi

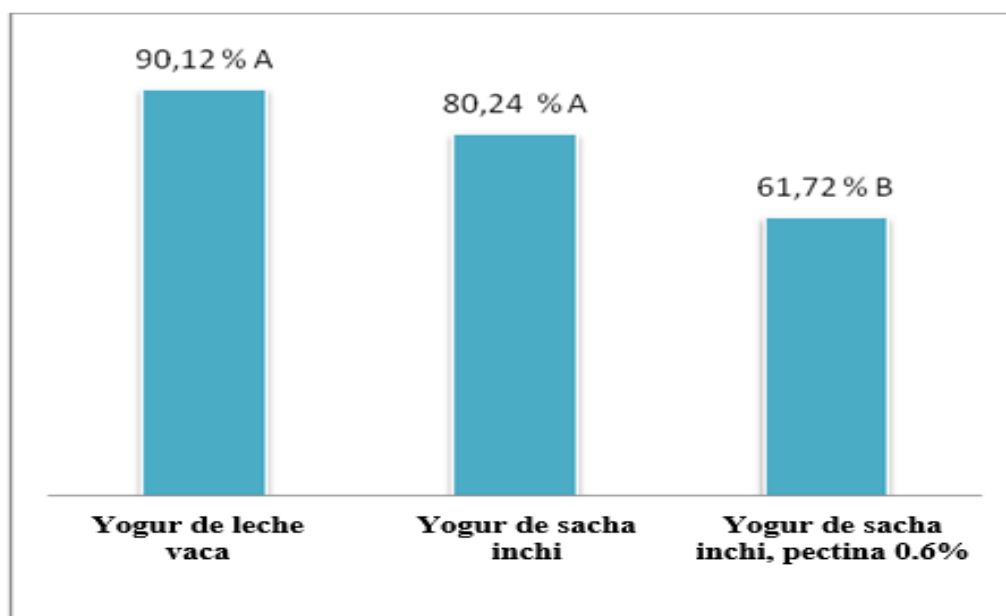
Componente	Yogur	Norma
Recuento coliformes	Ausencia	Máximo 10UFC/g
Recuento de mohos y levaduras	Ausencia	Máximo 10UFC/g

### 3.3.3. Análisis sensorial de aceptabilidad del yogur batido con leche de sachá inchi.

El aroma, cuerpo y sabor del yogur pueden variar dependiendo de tipo de cultivo, tipo de leche, cantidad de grasa, sólidos en la leche, proceso de fermentación y de la temperatura usada (**Routray y Mishra, 2011**). Durante el almacenamiento del yogur se producen cambios en las características sensoriales, los mismos que deben ser evaluados para determinar hasta qué punto el producto sigue siendo aceptable. Tanto para el yogur de leche fresca como para el yogur con sustitución de sachá inchi con 0.6% de pectina se evaluó el aspecto, el sabor – aroma, y cuerpo - textura.

La prueba de aceptación de yogurt de Sacha Inchi con 3% de leche en polvo, comparada con yogurt de leche de vaca y yogurt de sachá inchi con 0.6% de pectina se presenta en el Anexo 06. En la figura 18 se observa los resultados de la prueba de aceptación, el yogur de leche de vaca presentó 90,12% de aceptación, seguido por el yogur de sachá inchi (3% de leche de polvo) con 80,24% de aceptación; la menor aceptación (61,72%) presentó el

yogur de sachá inchi con 0,6% de pectina. La aceptabilidad del yogur de sachá inchi con 3% de leche en polvo, estadísticamente igual a la aceptabilidad del yogur de leche de vaca; demuestra que el producto (leche de sachá inchi), tiene la posibilidad de competir en el mercado en respuestas similares al yogur de leche de vaca.



**Figura 18:** Aceptabilidad del yogur de leche de vaca, yogur de leche de sachá inchi (3% de leche en polvo) y yogur de sachá inchi con 0,6% de pectina.

(**COGGINS, 2010**) mencionan que los atributos relacionados con la apariencia, son los últimos en ser afectados por factores externos o internos para representar la calidad de yogur. Lo anterior es lo que se observa en los datos obtenidos de la evaluación sensorial del aspecto del yogur. Las calificaciones para la tonalidad no presentan diferencia ( $p > 0.05$ ) para los tipos de yogur durante el almacenamiento.

(**YILDIZ, 2010**) menciona que los defectos de color que pueden presentarse en el yogur son debidos al crecimiento de mohos y levaduras o también a la distribución heterogénea de fruta en yogures afrutados; en esta investigación se descarta cualquiera de las dos posibilidades mencionadas por el autor, ya que los análisis microbiológicos determinaron ausencia de estos microorganismos alterantes.

## CONCLUSIONES

- Los parámetros tecnológicos para obtención de yogurt de sachá inchi son sustitución hasta 30% en leche de vaca por leche de sachá inchi, además con 3% de cultivo y 3% de leche en polvo por un periodo de 11 horas 15 min de incubación a una temperatura estable de 42°C.
- El yogurt de sachá inchi tiene 3.82% de proteína, energía 77,6 Kcal/100g, 14,89 % de sólidos totales, 2200.12 mPa. de viscosidad aparente, 30,41% de sinéresis, 4,37 de pH y 0.84 % de acidez titulable en forma de ácido láctico.
- La aceptabilidad del yogurt de leche de sachá inchi es de 80.24 % de aceptabilidad, valor similar al yogurt de leche de vaca que tiene una aceptabilidad de 90.12 % el cual favorece su promoción en los consumidores por su aporte nutricional y funcional.
- En cuanto a las características físico-químicas y sensoriales del yogurt, no existen diferencias significativas entre los yogures de leche entera y la preparada con sustitución parcial de leche de sachá inchi por lo que es factible el uso de leche de sachá inchi como sustitución parcial en la preparación de yogurt por sus cualidades nutritivas y funcionales para el ser humano.

## **RECOMENDACIONES**

- Utilizar los resultados de esta investigación como base para trabajos futuros, y mejorar la calidad del yogurt.
- Promocionar el consumo de yogurt con sustitución parcial de leche de sachá inchi por su aporte en proteína y ácidos grasos esenciales.
- Determinar jarabes de frutas adecuadas para añadir al yogurt de sachá inchi, ya que podrían mejorar el sabor.
- Realizar estudios de vida en anaquel, elección de empaque y/o envase para su conservación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AGROINDUSTRIAS AMAZÓNICAS. (2004). Contenido de aceite y proteína (%) de semillas de Sacha Inchi.
- AKIN, M., & GÜLER-AKIN, M. (2005). Effect of different incubation temperatures on themicroflora, chemical composition and sensory characteristics of bio-yogurt. *Italian Journal of Food Science.* , 67-74.
- AMIOT. (1991). El yogur como un aporte medicinal.
- AOAC. (1995). Durante la fermentación se determinaron Acidez titulable y pH.
- AOAC. 920.152. (2005). Official Methods of Analysis Microbiological Methods. WH. *AOAC International*, 1-244.
- AOAC. 920.177B. (2005). Official Methods of Analysis. Vegetable Products, Processed. *AOAC International* , 2-3.
- AOAC. 940.26A. (2005). Official Methods of Analysis. Vegetable Products, Processed. AOAC International.
- ARENAS, C. (2012). *Evaluación de la fermentación lactica de leche con adición de quinoa (Chenopodium quinoa)*. Obtenido de Universidad de Antioquia Medellín, Colombia: <http://www.redalyc.org/pdf/1698/169823914084.pdf>.
- BENAVIDES Y MORALES. (1994). Componentes de la almendra de sachá inchi.
- BODWEL Y HOPKINS. (1985) Valores para soya, maní, algodón y girasol.
- BONCZAR et al .,(2002). L. bulgaricus produce más compuestos aromáticos en la leche que S. thermophilus.
- BRACK. (1999). *El Sacha Inchi alternativa para la sustitución de cultivos ilícitos o indeseables que permite la deforestación* .
- BRESSANI, R. (1991). *La calidad de una proteína está definida por la cantidad y proporción de aminoácidos para satisfacer las necesidades nutricionales*, Guatemala.

CÁRDENAS. (2013). *Sinéresis Y Viscosidad Del Yogur*, Perú.

CASTAÑEDA, B., MANRIQUE, R., GAMARRA, F., MUÑOZ, A., RAMOS, F., LIZARASO, F Y MARTINEZ, J.(2008). Prebiótico elaborado en base a las semillas de *Lupinus mutabilis* sweet (chocho o tarwi). *Obtenido de Artículo científico Acta Med Per*, vol.25, n.4, pp.210-215.

CASTRO Y PUENTE. (2011). Desarrollaron una bebida instantanea en base a semillas de quinua.

CHAVARRIA, M. (2010). *La finalidad fue la inactivación y destrucción de microorganismos presentes en la leche obtenida de sachu inchi a 75°C, por 15 minutos*, Ecuador.

CIDRAP. (1985). *El Sachu Inchi utilizado como sustancia farmacéutica*, Perú.

CIABOTTI. (2006). El tratamiento térmico (98 °C/5 minutos) utilizado para obtención de tofu fue suficiente para eliminar la actividad de los inhibidores de tripsina en 79% del tofu de soya común.

CODEX STAN 243. (2003). La proteína debe ser como mínimo 2.7g/100 g de muestra.

COGGINS PC, R. D. (2010). Storage and temperature effects on appearance and textural characteristics of conventional milk yogurt. *Journal of Sensory Studies*, 549-576.

DAVE y SHAH. (1997). Ingredient supplementation effects on viability of probiotic bacteria in yogurt. *Journal of Dairy Science*, 2804-2816.

DANNENBERG Y KESSLER. (1988). Con temperaturas superiores a 70°C la mayoría de las proteínas del suero son desnaturalizadas.

DIAZ, B. (2004). *Sinéresis metodología*, Mexico.

DIGESA F01-PS-04-2003. (2003). *Criterios microbiológicos del yogurt*, Perú.

DIGESA. (2003). *Normas para Leches Fermentadas*, Peru.

DRASAM. (2013). Cadena Productiva de Sachu Inchi. Dirección Regional Agraria San Martín, Perú.

- DRASAM. (2016). Producción de Sacha inchi (%) en la región San Martín.
- ELIZALDE, A. (2009). *Entre sus factores anti nutricionales se mencionan a las saponinas y taninos, Colombia.*
- ENCOMENDEROS, D. (1992). *El Sacha Inchi ha sido consumido por los antiguos pobladores del Perú, Perú.*
- FAO. (2007). Los microorganismos deben ser viables y abundantes, EE.UU.
- FAO. (1977). Los Microorganismos En Leches Fermentadas, EE.UU.
- FARNSWORTH, E.R.ED. (2003). Handbook Of Fermented Functional Foods. EE.UU: CRC Press, Boca Ratón.
- GATEL Y GROSJEAN. (1990). El perfil de aminoácidos de la proteína del grano leguminoso, su digestibilidad y la presencia de sustancias no nutritivas.
- GALVIS, E. (2009). *Evaluación De La Utilización De Stevia En Yogurt, Colombia .*
- GARCIA, J. (1979). Desarrolla yogur con 2% de nivel de sustitución de fibra de trigo reportando un incremento de 18.9 a 23.78% de materia seca, proteína de 5.81 a 6.07%, cenizas (0.71-0.91%) y la fibra (0.63-1.56%).
- GARCÍA GMI. (1986). *Desarrollo de un producto tipo yogurt elaborado con un sustituto lácteo a base de soya, Mexico.*
- GARCÍA (1986) Y ZAMORA. (1979). Desarrollaron un yogurt con sabor a uva y cepas de *St. thermophilus* y *L. bulgaricus*, con el objeto de mejorar el sabor y la aceptación de éste tipo de productos. *FA and Fields ML. Nutritional quality of fermented cowpeas (Vignasinensis) and chickpeas (Cicerarietinum)*, EE.UU.
- GONZALES, A. (2006). *Establecimiento de una curva de acidificación del yogurt Zamorano.* Obtenido de Trabajo de graduación, presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniera en Agroindustria en el Grado Académico de Licenciatura: <http://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/722/1/T2247.pdf> .
- GONZALES et al., (2009). Otros factores anti nutricionales como lipoxigenasas y p-anisidina son compuestos secundarios de la oxidación de aceites.



- GRANITO, M. (2011). Formuló una bebida funcional a base de *cajanus cajan* fermentado
- GUEIMONDE M, DELGADO S, MAYO B, RUAS MADIEDO P, MARGOLLES A Y DE LOS REYES GAVILÁN C. (2004). Viability and diversity of probiotic *Lactobacillus* and 65 *Bifidobacterium* populations included in commercial fermented milks . *Food Research International*, 839-850.
- GUERRERO, J. (2006). *Boletín Técnico, Investigaciones realizadas en Sacha Inchi (Plukenetia volúbilis L.)* . Región San Martín: Edit. UNSM-FCA - Perú.
- HAMAKER. (1992). Perfil de ácidos grasos del sachá Inchi de distintos autores.
- HARWALKAR Y KALAB. (1986). *Mencionan que el yogur con un mayor contenido de sólidos totales es menos susceptible a la sinéresis.*
- HAZEN Y STOEWESAND. (1980). Resultados de análisis del aceite y proteína del cultivo de sachá inchi. . EE.UU: Universidad de Cornell.
- LABROPOULOS. (1981). *Menciona que al incrementar los sólidos totales, la viscosidad y firmeza del yogur aumentan.*
- LEE, W., & LUCEY, J. (2010). Formation and physical properties of yogurt. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 1127-1136.
- LOURENS-HATTINGH, A., & VILJOEN, B. (2001). Yogurt as probiotic carrier food. *International Dairy Journal*, 1-17.
- LOVON Y ECHEGARAY. (2006). El análisis de estabilidad de lípidos de la mantequilla de Sacha Inchi.
- LUCEY. (2001). Separación de suero de la leche.
- MANCO, E. (2006). *Clasificación taxonomica de Sacha Inchi (Plukenetia volúbilis L.)*, Peru.
- MANCO, E. (2008). Sacha Inchi (*Plukenetia volúbilis L.*) Cultivo promisorio para la Amazonia Peruana, Perú.

- MATEO, J. (2005). *Tecnología de la leche fermentada*, Honduras.
- MEDINA. (2007). Componentes de la Almendra de Sacha Inchi.
- MERINO, C. (2009). *Menciona que una de las funciones de los ácidos grasos es almacenarse en el tejido graso en forma de triglicéridos*, Perú.
- MORALES DE LEÓN. (2000). *Elaboración de un yogurt con base en una mezcla de leche y garbanzo*. México.
- MOSSEL. (1998). Analisis microbiologico del yogurt, Mexico.
- MONDRAGÓN, I. (2009). En el estudio farmacognóstico y bromatológico de los residuos industriales de la extracción del aceite de Sacha Inchi, Perú.
- NOM-185 SSA1-2002. (2002). Fija valor máximo de pH de 4.4.
- NTE INEN 2395:2009. (2009). Clasificación de yogurt. *El yogurt, se clasifica: por el método de elaboración, por el sabor y por el contenido graso*.
- NTE INEN 2395:2011 (2011). Norma Técnica Ecuatoriana. *Define al yogurt como un producto coagulado obtenido por fermentación láctica de la leche o mezcla de ésta con derivados lácteos*.
- NTP 202.118. (1998). Determinación de Humedad.
- OBREGÓN, A. (1996). *Obtención de sachá inchi (Plukenetia volubilis L.) en polvo secado por atomización*. Tesis de Maestría, UNALM. Lima, Perú.
- PELLET, P., Y YOUNG, V. (1980). Los aminoácidos esenciales son: metionina, cisteína, lisina, treonina, valina, isoleucina, leucina, fenilalanina, tirosina y triptófano.
- RAY, B., & BHUNIA, A. (2010). *Fundamentos de microbiología de los alimentos*. Mexico.
- ROUTRAY, W., & MISHRA, H. (2011). Scientific and technical aspects of yogurt aroma and taste: A review. . *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 208-220.

- RODRÍGUEZ, A. (2001). *Las saponinas se caracterizan por la formación de espuma teniendo propiedades detergentes y surfactantes, determinan en gran parte el sabor amargo de algunas semillas*, Ecuador.
- RUIZ, A. Y ARAIZA, N. (2010). Viscosidad.
- SAINT-EVE, A., LÉVY, C., LE MOIGNE, M., DUCRUET, V., & SOUCHON, I. (2008). Quality changes in yogurt during storage in different packaging materials. *Food Chemistry*, 285-293.
- SANCHEZ. (2000). Perfil de ácidos grasos del sachá Inchi.
- SANCHEZ. (2009). Principales defectos del yogur batido.
- SANDERS Y HUIS IN'TVELD. (1999). El objetivo primordial de la fermentación es la conservación, y el desarrollo de sabor ácido agradable.
- SAWAZAKI, H., FEIJÃO, J., Y COELHO, M., (1987) Menciona como factores anti nutricionales de la soya.
- SCHMIDT, J. (1980). Efectos del tratamiento térmico y del almacenamiento sobre las características físicas y sensoriales, en un yogurt «fortificado» con aislado de soya.
- SHAH, N. (2000). Shah, NP. Probiotic bacteria: Selective enumeration and survival in dairy foods. *Journal of Dairy Science*, 894-907.
- SHIRAI, K. (1992). *Efectos Del Tratamiento Térmico Y Del Almacenamiento Sobre Las Características Físicas Y Sensoriales, En Un Yogurt Tortificad*. Mexico.
- SHORTT. (2004). según la reglamentación de la FDA, debe proveer un mínimo de 10 millones de bacterias vivas de *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus* por gramo de yogurt.
- TAMIME, AY; ROBINSON, RK. (1999). *Yogur, ciencia y tecnología*. Zaragoza, ES: Acribia S.A.
- THARMARAJ, N; SHAH, NP. (2003). Selective enumeration of *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus*,

- Bifidobacteria, Lactobacillus casei, Lactobacillus rhamnosus, and Propionibacteria .  
En *Journal of Dairy Science* (págs. 2288-2296).
- TRACHOO, N. (2002). Yogurt: The fermented milk. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*. 727-737.
- VEISSEYRE. (2008). Beneficios y propiedades del yogur.
- VELA. (1995). Componentes de la Almendra de Sacha Inchi de diferentes estudios.
- VALLES, S. (2012). *Obtención de “leche” de sachá inchi (Plukenetia Volubilis Linneo)*.  
*Tesis de titulación UNSM*. Tarapoto, Perú.
- VALLES. (1993). Uso del sachá inchi como en la dieta alimenticia.
- VERA S, F.M. (2004). *Innovación en Productos Lácteos Fermentados*. Biconsultores.  
Perú.
- WANG, J; GUO, Z; ZHANG, Q; YAN, L; CHEN, Y; CHEN, X; LIU, XM; CHEN, W;  
ZHANG, HP. (2010). Effect of probiotic Lactobacillus casei Zhang on fermentation characteristics of set yogurt. *International Journal of Dairy Technology*, 105-112.
- WATKINS. (1994). Perfil de ácidos grasos del sachá Inchi.
- YILDIZ, F. (2010). Development and manufacture of yogurt and other functional dairy products. B Özer. Boca Raton, USA: CRC Press.

## **ANEXOS**

**Anexo N°01:** Medias de acidez titulable de yogurt evaluadas con el programa SAS  
Systemfor Windows.

Pruebas fisico quimicas

The ANOVA Procedure

Duncan's Multiple Range Test for titratable acidity

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experiment wise error rate.

Alpha	0.05	
Error Degrees of Freedom	14	
Error Mean Square	2.762E-7	

Number of Means	2	3	4	5	6	7	8	
Critical Range	.001127	.001181	.001214	.001237	.001253	.001264	.001273	
Number of Means	9	10	11	12	13	14	15	
Critical Range	.001280	.001285	.001288	.001291	.001293	.001294	.001295	

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	trat
			A 0.8545000 2 t1
			A 0.8535000 2 t2
			A 0.8530000 2 t3
			A 0.8470000 2 t6
			A 0.8455000 2 t4
			A 0.8415000 2 t5
			A 0.8370000 2 t8
			A 0.8350000 2 t9
			A 0.8350000 2 t7
			A 0.8280000 2 t12
			A 0.8275000 2 t10
			A 0.8255000 2 t11
			A 0.8120000 2 t14
			A 0.8115000 2 t13
			A 0.8105000 2 t15

**Anexo N°02:** Medias de sólidos totales de yogurt evaluadas con el programa SAS Systemfor Windows.

Pruebas fisico quimicas						
The ANOVA Procedure						
Duncan's Multiple Range Test for <b>solids total</b>						
NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.						
<div> Alpha 0.05 Error Degrees of Freedom 14 Error Mean Square 0.00002 </div>						
Number of Means	2	3	4	5	6	7
Critical Range	.00971	.01017	.01046	.01065	.01079	.01089
Number of Means	9	10	11	12	13	14
Critical Range	.01102	.01106	.01109	.01112	.01113	.01114
Number of Means	15					
Critical Range	.01115					
Means with the same letter are not significantly different.						
Duncan Grouping	Mean	N	trat			
A	11.965000	2	t3			
A	11.960000	2	t2			
A	11.960000	2	t1			
A	11.925000	2	t5			
A	11.920000	2	t6			
A	11.920000	2	t4			
A	11.885000	2	t7			
A	11.880000	2	t9			
A	11.880000	2	t8			
A	11.840000	2	t12			
A	11.840000	2	t11			
A	11.840000	2	t10			
A	11.800000	2	t14			
A	11.800000	2	t15			
A	11.800000	2	t13			

**Anexo N°03:** Medias de viscosidad aparente de yogurt evaluadas con el programa SAS Systemfor Windows.

The ANOVA Procedure						
Duncan's Multiple Range Test for <b>apparent viscosity</b>						
NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.						
		Alpha	0.05			
		Error Degrees of Freedom	14			
		Error Mean Square	0.000046			
Number of Means	2	3	4	5	6	7
8						
Critical Range	.01458	.01527	.01570	.01600	.01620	.01635
.01647						
Number of Means	9	10	11	12	13	14
15						
Critical Range	.01655	.01661	.01666	.01669	.01672	.01673
.01674						
Means with the same letter are not significantly different.						
Duncan Grouping	Mean	N	trat			
A	1551.1100	2	t3			
A	1551.0150	2	t2			
A	1551.0150	2	t1			
B	1341.1100	2	t5			
B	1341.1000	2	t4			
B	1341.0900	2	t6			
C	1186.1300	2	t9			
C	1186.1300	2	t7			
C	1186.1100	2	t8			
D	973.0200	2	t12			
D	973.0100	2	t11			
D	973.0000	2	t10			
E	780.1400	2	t15			
E	780.1200	2	t13			
E	780.1100	2	t14			



**Anexo N°04:** Medias de sinéresis de yogurt evaluadas con el programa SAS Systemfor Windows.

The ANOVA Procedure			
Duncan's Multiple Range Test for syneresis			
NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.			
	Alpha	0.05	
	Error Degrees of Freedom	14	
	Error Mean Square	0.022687	
Number of Means	2	3	4
Critical Range	.3231	.3385	.3480
Number of Means	5	6	7
Critical Range	.3545	.3591	.3624
Number of Means	8	9	10
Critical Range	.3649	.3668	.3682
Number of Means	11	12	13
Critical Range	.3692	.3700	.3705
Number of Means	14	15	
Critical Range	.3709	.3710	
Means with the same letter are not significantly different.			
Duncan Grouping	Mean	N	trat
A	78.6650	2	t15
A	78.4700	2	t14
A	78.4200	2	t13
B	75.6200	2	t10
B	75.5700	2	t11
B	75.5000	2	t12
C	72.6300	2	t9
C	72.3700	2	t7
C	72.3300	2	t8
C	71.4900	2	t4
C	71.4900	2	t5
C	71.4500	2	t6
C	70.5700	2	t3
C	70.4300	2	t2
C	70.2350	2	t1

**Anexo N°05:** Medias de pH de yogurt evaluadas con el programa SAS Systemfor Windows.

The ANOVA Procedure						
Duncan's Multiple Range Test for ph						
NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.						
			Alpha	0.05		
			Error Degrees of Freedom	14		
			Error Mean Square	0.000333		
Number of Means	2	3	4	5	6	7
8						
Critical Range	.03916	.04103	.04219	.04297	.04353	.04392
.04423						
Number of Means	9	10	11	12	13	14
15						
Critical Range	.04446	.04463	.04476	.04485	.04491	.04495
.04498						
Means with the same letter are not significantly different.						
	Duncan Grouping		Mean	N	<del>trat.</del>	
A	4.38000	2 t5				
A	4.38000	2 t9				
A	4.38000	2 t13				
A	4.38000	2 t14				
A	4.37000	2 t8				
A	4.37000	2 t12				
A	4.36000	2 t3				
A	4.36000	2 t4				
A	4.36000	2 t7				
A	4.35000	2 t10				
A	4.36000	2 t11				
A	4.36000	2 t15				
A	4.35000	2 t6				
A	4.3300	2 t1				
A	4.3200	2 t2				

**Anexo N°06:** Medias y porcentaje de aceptación del yogur.

Panelistas/Código	2001	1375	3145
1	9	8	6
2	9	7	2
3	9	8	2
4	7	6	5
5	8	7	7
6	8	6	7
7	8	7	7
8	8	7	6
9	8	8	6
10	8	7	5
11	8	6	6
12	9	7	6
13	7	6	6
14	8	7	5
15	9	9	4
16	8	8	7
17	7	8	6
18	8	8	7
Medias	8.11	7.22	5.55
%	90.12	80.24	61.77

**Anexo N°07: Análisis de Nitrógeno – Proteína.**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES**



Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto  
 Jr. Amorrarca Cdra. 3  
 Ciudad Universitaria- Laboratorio de Suelos - FCA  
 Morales - San Martín  
 Telf.: 985800927  
 www.unsm.edu.pe/

**INFORME DE ENSAYO N° 001-201 - LSFCA-UNSM-T**  
**Análisis de Nitrógeno - Proteína**

Cliente :  
 Dirección :  
 Producto : Leche de Sacha Inchi/Yogourt de Sacha Inchi  
 Cantidad de muestra : 1 L por muestra  
 Presentación : Botella de Litro Rotulada  
 Instrucciones de ensayo : Indicadas por el cliente  
 Procedencia :  
 Fecha de reporte : 10/9/2018

MUESTRA	Gasto HCl 0.1N	W muestra (g)	% N	% Proteína
Leche de Sacha Inchi	4.355	1.009	0.6312	3.945
Yogourt de Sacha Inchi	4.315	1.008	0.605	3.78

Morales, 10 de setiembre de 2018

**Ing. Carlos Verde Girbau**  
 TÉCNICO DEL LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS

**Anexo N°08:** Analisis proximal de yogur de Sacha Inchi.

**INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES**  
**LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS,**  
**FERTILIZANTES, AGUAS Y ANIMENTOS**

**REPORTE DE ANÁLISIS PROXIMAL**

N° Solicitud:	AA010-18		
SOLICITANTE:	Cleyser Torres Cubas	FECHA DE MUESTREO :	16/08/2018
PROCEDENCIA:	Tarapoto-San Martín-San Martín	FECHA DE RECP. LAB :	16/08/2018
ALIMENTO:	Yogur de Sacha Inchi	FECHA DE REPORTE :	05/09/2018

Número de Muestra				Humedad	Aceites & Grasas	Fibras	Cenizas	Proteínas	Carbohidratos	Energía
Laboratorio		Usuario		%	%	%	%	%	%	Kcal/100g
14	01	0038	001	87.88	3.58	0.53	2.10	3.82	2.09	77.6

**Métodos**

<b>HUMEDAD</b>	: Gravimetría
<b>ACEITES &amp; GRASAS</b>	: Extracción según Soxhleht (Hexano)
<b>FIBRAS</b>	: Digestión Acido-Básico; Gravimetría
<b>CENIZAS</b>	: Calcinación; gravimetría
<b>PROTEINAS</b>	: Kjeldhal
<b>ACIDEZ</b>	: Volumetría
<b>CARBOHIDRATOS</b>	: Cálculo
<b>ENERGIA METABOLICA</b>	: Cálculo

INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES  
 Tarapoto - Perú  
  
 Dr. Enrique Arévalo Gardini  
 Coordinador General

**La Banda de Shilcayo, 05 de septiembre 2018**



**INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES**  
**LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS,**  
**FERTILIZANTES, AGUAS Y ANIMENTOS**

**REPORTE DE ANÁLISIS PROXIMAL**


N° Solicitud:	AA009-18	FECHA DE MUESTREO :	16/08/2018
SOLICITANTE:	Cleyser Torres Cubas	FECHA DE RECP. LAB :	16/08/2018
PROCEDENCIA:	Tarapoto-San Martín-San Martín	FECHA DE REPORTE :	05/09/2018
ALIMENTO:	Leche de Sacha Inchi		

Número de Muestra				Humedad	Aceites & Grasas	Fibras	Cenizas	Proteínas	Carbohidratos	Energía
Laboratorio		Usuario		%	%	%	%	%	%	Kcal/100g
14	01	0038	001	87.6	3.60	0.50	2.12	4.10	2.08	79.6

**Métodos**

<b>HUMEDAD</b>	: Gravimetría
<b>ACEITES &amp; GRASAS</b>	: Extracción según Soxhlet (Hexano)
<b>FIBRAS</b>	: Digestión Ácido-Básico; Gravimetría
<b>CENIZAS</b>	: Calcinación; gravimetría
<b>PROTEINAS</b>	: Kjeldhal
<b>ACIDEZ</b>	: Volumetría
<b>CARBOHIDRATOS</b>	: Cálculo
<b>ENERGIA METABOLICA</b>	: Cálculo

INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES  
 Tarapoto - Perú

  
**Dr. Enrique Arévalo Gardini**  
 Coordinador General

**La Banda de Shilcayo, 05 de septiembre 2018**

**Anexo N°10:** Determinación del índice de acidez



**Anexo N°11:** Yogur de sachá inchi.





**Anexo N°12:** Medias del análisis sensorial del yogur encuanto al color evaluado con SAS Systemfor Windows.

Duncan's Multiple Range Test for color				
NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.				
Alpha	0.05			
Error Degrees of Freedom	126			
Error Mean Square	1.148889			
Number of Means	2	3	4	5
Critical Range	0.949	0.998	1.032	1.056
Number of Means	6	7	8	
Critical Range	1.075	1.090	1.103	
Number of Means	9	10	11	12
Critical Range	1.114	1.123	1.131	1.138
Number of Means	13	14	15	
Critical Range	1.144	1.150	1.155	
Means with the same letter are not significantly different.				
Duncan Grouping	Mean	N	trto	
A	5.2000	10	t2	
A	4.9000	10	t4	
A	4.8000	10	t3	
A	4.8000	10	t15	
A	4.7000	10	t9	
A	4.6000	10	t11	
A	4.5000	10	t8	
A	4.5000	10	t1	
A	4.4000	10	t12	
A	4.4000	10	t10	
A	4.4000	10	t13	
A	4.4000	10	t14	
A	4.4000	10	t5	



**Anexo N°13:**Medias del analisis sensorial del yogur encunto al sabor evaluado con SAS  
Systemfor Windows.

Duncan's Multiple Range Test for textura							
NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.							
Alpha		0.05					
Error Degrees of Freedom		126					
Error Mean Square		3.608254					
Number of Means	2	3	4	5	6	7	8
Critical Range	1.681	1.769	1.828	1.871	1.905	1.932	1.954
Number of Means	9	10	11	12	13	14	15
Critical Range	1.973	1.990	2.004	2.017	2.028	2.038	2.047
Means with the same letter are not significantly different.							
Duncan Grouping	Mean	N	trto				
A	6.1000	10	t7				
A	6.1000	10	t9				
A	5.8000	10	t14				
A	5.7000	10	t6				
A	5.7000	10	t15				
A	5.6000	10	t10				
A	5.6000	10	t5				
A	5.6000	10	t8				
A	5.5000	10	t1				
A	5.4000	10	t2				
A	4.9000	10	t4				
A	4.8000	10	t13				
A	4.8000	10	t12				
A	4.7000	10	t3				
A	4.3000	10	t11				

**Anexo N°14:**Medias del analisis sensorial del yogur encunto a textura evaluado con SAS Systemfor Windows.

Duncan's Multiple Range Test for sabor				
NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.				
Alpha	0.05			
Error Degrees of Freedom	126			
Error Mean Square	2.416614			
Number of Means	2	3	4	5
Critical Range	1.376	1.448	1.496	1.531
Number of Means	6	7	8	
Critical Range	1.559	1.581	1.599	
Number of Means	9	10	11	12
Critical Range	1.615	1.628	1.640	1.651
Number of Means	13	14	15	
Critical Range	1.660	1.668	1.676	
Means with the same letter are not significantly different.				
Duncan Grouping	Mean	N	trto	
A	4.3	10	t4	
A	4.300	10	t6	
A	4.300	10	t7	
A	4.400	10	t5	
A	4.400	10	t9	
A	4.500	10	t1	
A	4.500	10	t3	
A	4.500	10	t8	
A	4.600	10	t2	
B	6.900	10	t11	
B	7.000	10	t10	
B	7.000	10	t12	
B	7.100	10	t15	
B	7.500	10	t13	
B	7.800	10	t14	